



Odlingssystemfrågor i relation till klimat

- En jämförande fallstudie av växthusavgång från en konventionellt brukad gård och en biodynamiskt brukad gård

Cultivation system issues in relation to climate

- A comparative case study of greenhouse gas emissions from a conventionally managed farm and a biodynamically managed farm

Julia Seidenstädt

Självständigt arbete i biologi • 15 hp

Uppsala 2020

Odlingssystemfrågor i relation till klimat

– En jämförande fallstudie av växthusavgång från en konventionellt brukad gård och en biodynamiskt brukad gård

Cultivation system issues in relation to climate

– A comparative case study of greenhouse gas emissions from a conventionally managed farm and a biodynamically managed farm

Julia Seidenstädt

Handledare: Artur Granstedt, SBFi, Stiftelsen Biodynamiska Forskningsinstitutet och Paula Persson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Examinator: Ida Karlsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Kurskod: EX0894

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Julia Seidenstädt

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: biodynamiskt jordbruk, klimat

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för växtproduktionsekologi

Sammanfattning

Förutom utsläpp av koldioxid från fossila källor innebär jordbruksproduktion utsläpp av stora mängder av klimatgaserna dikväveoxid och metan. Genom beräkningar av utsläppen i form av koldioxidekvivalenter på systemnivå har här jämförelser gjorts mellan två till driftsinriktning, när det gäller förhållande mellan djurhållning och växtodling, sett likartade gårdar. Samma beräkningsmetoder har använts som i Hus-hållningssällskapets projekt "Jordbrukets klimatpåverkan", det så kallade JOKER-projektet, genomfört 2009. Västraby gård är en konventionellt brukad mjölkgård i Skåne med relativt omfattande odling som använts som gårdsexempel i JOKER-projektet och som i detta kandidatarbete jämförts med Nibble gård som är en biodynamiskt brukad gård utanför Stockholm som också har både mjölkproduktion och odling för avsalu. Resultaten visar på lägre utsläpp av klimatgaser per ha på Nibble gård. Detta gäller framför allt för dikväveoxid, men även för koldioxid från användning av fossil energi vid produktion av insatsvaror samt nitratnivåer i marken som i sin tur påverkar omvandlingen till dikväveoxid. De främsta orsakerna till skillnad mellan dessa gårdar är användandet av mineralgödsel samt inköpta fodermedel. På Nibble gård använder man inte mineralgödsel, kemiska bekämpningsmedel eller lika stora mängder koncentrat vid utfodring av korna som på den konventionellt brukade gården Västraby. För Nibble gård ingick två år, ett år med torka (2018) och ett utan (2017) i den jämförande studien utan några väldigt stora skillnader i utsläppsnivåerna mellan dessa år. Det var lägre utsläpp 2018 från animalieproduktionen på grund av en minskad mängd boskap. Det kompenserade till stor del klimatpåverkan för foderinköpen detta år. Man kan vid beräkningar av detta slag, med gårdar som hela system, se att en minskad användning av mineralgödsel och fossila energislag samt med ökad självförsörjning och framför allt ett minskat djurantal kan klimatbelastningarna bli betydligt lägre, om man räknar per hektar. När man sedan beräknar klimatpåverkan per mängd producerad produkt blir sammanlagt skillnaderna mindre.

Abstract

In addition to emissions of carbon dioxide from fossil sources, agricultural production means the emission of large quantities of the climate gases, nitrous oxide and methane. Through calculations of emissions in the form of carbon dioxide equivalents at system level, comparisons have been made between two operating modes. They were calculated in relation to animal holding and plant cultivation, seen in similar farms. The same calculation methods have been used as in Hushållningssällskapet's project "Jordbrukets klimatpåverkan", the so-called JOKER project, implemented in 2009. Västraby farm is a conventionally managed dairy farm with relatively extensive cultivation in Skåne which has been used as a farm example in the JOKER project and which in this bachelor project is compared to Nibble farm which is a biodynamically managed farm outside Stockholm which also has both milk production and cultivation for sale. The results show lower emissions of greenhouse gases per ha on Nibble farm. This is especially true for nitrous oxide, but also for carbon dioxide from the use of fossil energy in the production of input goods and nitrate levels, which in turn affect the conversion to nitrous oxide. The main reasons for the difference between these farms are the use of mineral fertilizers and purchased feed used at Västraby farm. At Nibble farm you do not use mineral fertilizers, chemical pesticides or equal amounts of concentrates when feeding the cows as on the conventionally managed farm Västraby. For Nibble farm, two years, one year of drought (2018) and one without (2017) were included in the comparative study without any very large differences in the emission levels between these years. There were lower emissions in 2018 from livestock production due to a reduced amount of livestock. This largely compensated for feed purchases this year. In calculations of this kind, with farms as whole systems, it can be seen that reduced use of mineral fertilizers and fossil energy, and with increased self-sufficiency and, above all, a reduced number of animals, the climatic stresses can be significantly lower, if one counts per hectare. When you then calculate the climate impact per quantity of product produced, the total differences become smaller.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	4
Figurförteckning	5
Förkortningar	6
1 Inledning	8-12
1.1 Bakgrund	8-10
1.2 Syfte	11
1.3 Mål	11
1.4 Avgränsning	11-12
2 Litteraturstudie	13-20
2.1 Klimat	13-16
2.2 Biodynamiskt jordbruk	17-20
3 Material och metod	21-27
3.1 Nibble gård, biodynamiskt brukad	22-24
3.2 Västraby gård, konventionellt brukad	25
3.3 Systemskillnader mellan de två studerade gårdarna	25-27
4 Resultat	28-35
5 Diskussion	36-41
Referenslista	42-44
Muntliga referenser	44
Tack	45
Bilaga 1	46
Bilaga 2	47
Bilaga 3	48
Bilaga 4	49
Bilaga 5	50
Bilaga 6	51
Bilaga 7	52

Tabellförteckning

Tabell 1. Omräkningstabell för koldioxidekvivalenter per 100 år	14
Tabell 2. Växtodlingen på Västraby gård. Arealer och medelskörd samt beräknad mängd kväve (N) i skörderester ovan och under jord	28
Tabell 3. Växtodlingen på Nibble gård 2017. Arealer och medelskörd samt beräknad mängd kväve (N) i skörderester ovan och under jord	28
Tabell 4. Växtodlingen på Nibble gård 2018. Arealer och medelskörd samt beräknad mängd kväve (N) i skörderester ovan och under jord	29
Tabell 5. Uppgifter om djurhållningen på Västraby gård	30
Tabell 6. Uppgifter om djurhållningen på Nibble gård 2017	30
Tabell 7. Uppgifter om djurhållningen på Nibble gård 2018	31
Tabell 8. Årlig användning av insatsvaror vid djurhållningen samt växtodlingen på Västraby gård	47
Tabell 9. Årlig användning av insatsvaror vid djurhållningen samt växtodlingen på Nibble gård 2017	48
Tabell 10. Årlig användning av insatsvaror vid djurhållningen samt växtodlingen på Nibble gård 2018	48
Tabell 11. Årliga biogena CO ₂ -, N ₂ O- och CH ₄ -emissioner från växtodlingen och djurhållningen vid Västraby gård	49
Tabell 12. Årliga biogena CO ₂ -, N ₂ O- och CH ₄ -emissioner från växtodlingen och djurhållningen vid Nibble gård 2017	50
Tabell 13. Årliga biogena CO ₂ -, N ₂ O- och CH ₄ -emissioner från växtodlingen och djurhållningen vid Nibble gård 2018	51
Tabell 14. Koldioxidutsläpp per ha, protein och energi vid Nibble gård 2017	52
Tabell 15. Koldioxidutsläpp per ha, protein och energi vid Västraby gård	52

Figurförteckning

Figur 1. Systemgränser	12
Figur 2. Globala växthusgasutsläpp	15
Figur 3. Växthuseffekten	16
Figur 4. Integrerat system	18
Figur 5. Kor på bete	20
Figur 6. Hönor och trädgårdsodling	23
Figur 7. Karta över Nibble gård	24
Figur 8. Komposterad fastgödsel	29
Figur 9. Flytgödselanläggning	29
Figur 10. Koldioxidekvivalenter, Västraby gård	32
Figur 11. Koldioxidekvivalenter, Nibble gård 2017	33
Figur 12. Koldioxidekvivalenter, Nibble gård 2018	33
Figur 13. Biogena koldioxidekvivalenter indelat i kategorier	35
Figur 14. Koldioxidekvivalenter per växthusgas	35

Förkortningar

CH₄: Metan

CO₂: Koldioxid

CO₂-ekv: (CO_{2e}, CO_{2eq}) Koldioxidekvivalenter är mängden växthusgas uttryckt som mängd koldioxid med samma möjliga klimatpåverkan

ECM: Energi- och fettkorrigerad mjölk. Med innehåll på ca 4,0% fett samt ca 3,3% protein

GWP: Global Warming Potential

GJ: Gigajoule

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change. FN:s klimatpanel är FN:s vetenskapliga panel i klimatfrågor

K: Kalium

kWh: Kilowattimme

LCA: Livscykelanalys innebär den totala resursanvändningen och miljöpåverkan från en produkts hela livscykel. Det vill säga från utvinning av råvaror till produktens borte gräns som kan innebära slutanvändning eller till gårdsgrinden

N: Kväve

NH₃: Ammoniak

NO₃⁻: Nitrat

N₂O: Dikväveoxid, Lustgas

P: Fosfor

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Klimatförändringar brukar oftast sammankopplas med koldioxidutsläpp. Men inom jordbruket består utsläppen av växthusgaser till största delen av metan (CH_4) och dikväveoxid (lustgas, N_2O). Man kan mäta växthusgasavgång genom att göra analyser av enskilda produkters klimatpåverkan (växthusavgång/ kg), men det är även möjligt att göra beräkningar per hektar av hela, enskilda gårdar, som system, i samma syfte (Flaten *et al.*, 2018, Tuomisto *et al.*, 2012, Serikstad, 2018, Rööf *et al.*, 2013, Berglund *et al.*, 2009).

Jag ville få en större förståelse för hur en biodynamiskt brukad gård, påverkar klimatet eftersom att de biodynamiska gårdarna karaktäriseras av att vara så självförsörjande det går och därmed, till skillnad från ett mer specialiserat jordbruk, håller allt det som produceras inom gården (förutom det som går till försäljning). Jag har därför jämfört en biodynamiskt brukad gård med en konventionellt brukad, med likartad produktionsinriktning och det gör det därmed till en möjlighet att göra beräkningar av hela dessa två gårdar som system. Utöver dessa har jag ej som avsikt att göra några andra generella slutsatser.

Jag presenterar också ursprunget till biodynamiskt jordbruk och vad som särskiljer det från konventionellt, som är den vanligaste produktionsformen i Sverige idag.

Man brukar redovisa växthusgasutsläpp från jordbruk av framför allt N_2O från kvävet omsättning i mark och i stallgödsel, CH_4 från djurens fodermältning och stallgödsel och CO_2 från energianvändningen, (SCB, 2012, IPCC, 2014, Berglund *et al.*, 2009). CO_2 -utsläpp är även ett resultat av hur marken används och brukas men förändrad markanvändning behandlas inte i denna studie.

Nibble gård är en gård i Mellansverige som driver biodynamisk produktion (en form av ekologisk produktion) och som dessutom är en demonstrationsgård för forskning om biodynamiskt jordbruk. Genom att använda samma metoder som i tidigare studier av konventionellt brukade gårdar, via projektet ”Jordbrukets klimatpåverkan 2009”, det så kallade JOKER-projektet, kan man jämföra växthusgasutsläppen i koldioxidekvivalenter. Jag jämför i mina studier växthusgasutsläpp från Nibble gård med den konventionellt brukade, sydsvenska gården Västraby, en av tre konventionella exempelgårdar för beräkning av växthusgaser på systemnivå från JOKER-rapporten, med en likartad produktionsinriktning.

Andra liknande studier har genomförts gällande ekologiskt jordbruks inverkan på klimat med skilda resultat (Flaten *et al.*, 2018). I en nypublicerad studie diskuterar Searchinger *et al.* (2018) markanvändning och dess påverkan på klimatet, både ekologiskt jordbruks större behov av brukad mark på grund av lägre avkastning och hur avskogning medför mindre möjligheter att binda CO₂. Men inga generella slutsatser i denna studie om ekologiskt jordbruks sammanlagda klimatpåverkan fastslogs (Searchinger *et al.*, 2018).

Forskning har visat att ekologisk odlings skördenivåer når upp till ungefär 80% av de konventionella nivåerna och att skillnader blir tydliga ju större skörden är. Samma forskning ser ändå tydliga utvecklingspotentialer för en ökad produktion inom ekologiskt jordbruk (de Ponti *et al.*, 2012).

Skördenivåer har ett stort inflytande när det handlar om kalkylering per produkt eftersom växthusgasutsläpp från gårdens indata sprids ut på den totala avkastningen. I litteratursammanställningen av Röös *et al.* (2018) anges att det finns exempel på hur ökad produktion på en ekologiskt brukad gård kan leda till minskad klimatbelastning. Röös *et al.* (2018) anser även att varje fall måste studeras för sig för att undvika att analysen av genomförda förbättringsprocesser på gårdar får ett lägre utfall än vad som hade kunnat vara möjligt om man närmre studerar vad som ger de bättre resultaten. De flesta strategier för en minskad växthusgasavgång i samband med en ökad avkastning på ekologiskt brukade gårdar innehåller både risker och möjligheter (Röös *et al.*, 2018). Eftersom bland annat kväveläckage orsakar utsläpp av N₂O (Berglund *et al.*, 2009) och det ekologiska jordbrukets lägre nivåer av tillsatt kväve medför en reducerad risk för emissioner, så har ekologisk odlings lägre kvävenivåer framhållits som en fördel med tanke på dess klimatpåverkan (Röös *et al.*, 2018). Detta kan ha en positiv inverkan när man genomför dessa beräkningar per ha. Ekologisk produktion kan genom användning av mer varierade växtföljder, större användning av kvävefixerande baljväxter (Tidåker *et al.*, 2014, SCB, 2017), en ur klimatsynpunkt bättre foderstat och en effektiv användning av gårdens gödsel, bidra till lägre växthusgasutsläpp (Röös *et al.*, 2018).

Röös *et al.* (2018) vill framhålla att kraftfoder eller koncentrat som används vid utfodring av idisslare även innebär både risker och möjligheter med tanke på klimatbelastningar. Högre mjölkproduktion och ökade tillväxthastigheter hos djuren medför en minskad CH₄-avgång per kg produkt, men odling av ettåriga grödor medför ett större utsläpp av kol från mark än fleråriga vallgrödor.

Röös *et al.* (2018) har även framhållit vikten av hur resultaten av beräkningar av växthusgasutsläpp kan variera mycket bland annat på grund av olika biologiska system och osäkerheter i att till exempel beräkna hastigheter av N₂O-emissioner (Röös *et al.*, 2018).

Både ekologiskt och biodynamiskt jordbruk tydliggör på en rad olika vis de mål för hur de anser att naturliga system bör vara till skillnad från de system man finner hos konventionella bruk. De egentliga största skillnaderna mellan ekologiskt och

biodynamiskt bruk kan sammanfattas som en mer uttalad andlig aspekt vid det biodynamiska jordbruket där även stor vikt läggs på att framhålla den egna gården som ett eget, sammanhållande, oberoende system där även specifikt framställda preparat används.

Kritiker har hävdat att biodynamiskt jordbruk handlar mer om tro och vidskepelse än vetenskaplighet (Kirchmann, 1994, Chalker-Scott, 2004). Men Chalker-Scott (2018) hävdar också att de största skillnaderna mellan ekologiskt jordbruk och biodynamiskt är hur man behandlar växterna och jorden med de för biodynamisk odling karaktäristiska preparaten och att dessa produktionsformer i övrigt skulle vara nästan identiska.

Det har även gjorts försök med att frambringa en bredare bild där utövare av den biodynamiska läran för en dialog mellan biodynamisk forskning och övrig naturvetenskaplig forskning (Leiber, 2006).

För att närmare undersöka hur ett biodynamiskt jordbruk, kan särskilja sig från ett konventionellt har studier visat positiva effekter för det biodynamiska såsom ökad humusbildning, ökad markbiologisk aktivitet (Mäder *et al.*, 2002, Raupp *et al.*, 2006), effekter på rotutveckling och på produkternas kvalitet (Raupp & König, 1996).

Biodynamiskt jordbruk har som mål att vara självförsörjande på energi. En ofta framförd möjlighet för att nå detta mål är att producera biogas som energibärare för förnyelsebar energi inom gårdssystemet. Detta kan inom jordbruket ske med hjälp av gödsel och/eller skörderester. Intensiv mekanisk ogräsbekämpning kan vid ekologisk produktion, i vissa fall, bidra till högre koldioxidemissioner från fossila energislager, jämfört med konventionell. Framtiden kommer medföra ökade möjligheter att använda förnybara energikällor eller mer lättillgänglig el till jordbruksmaskiner (Röös *et al.*, 2018).

Jämförelser av liknande slag som min egen angående gårdars klimatbelastning, brukar antingen göras av växthusgasutsläpp per arealenhet eller jämförda produkters utsläpp. Jämförda produkters utsläpp används oftast ur ett konsumentperspektiv. Jag har här valt att ange denna studies resultat i kg/ton koldioxidekvivalenter per hektar, vilket bedömdes fungera bäst ur ett odlarperspektiv för att kunna jämföra gårdar med varandra, oberoende av storlek.

1.2 Syfte och hypotes

Syftet med detta kandidatarbete är att studera hur klimatet kan påverkas av ett konventionellt jordbruk jämfört med ett biodynamiskt jordbruk, vid likartad driftsriktning. Som exempel på detta är min hypotes att växthusgasemissioner från en konventionellt brukad gård (Västraby gård) är större än emissioner från en biodynamiskt brukad gård (Nibble gård), när gårdarna studeras som system, eftersom att Nibble gård till exempel har en djurhållning med en stor andel eget foder och heller inte köper in mineralgödsel som kräver en del fossil energi.

1.3 Mål

Att jämföra växthusgasutsläppen vid en biodynamiskt brukad gård och en konventionellt brukad gård.

1.4 Avgränsning

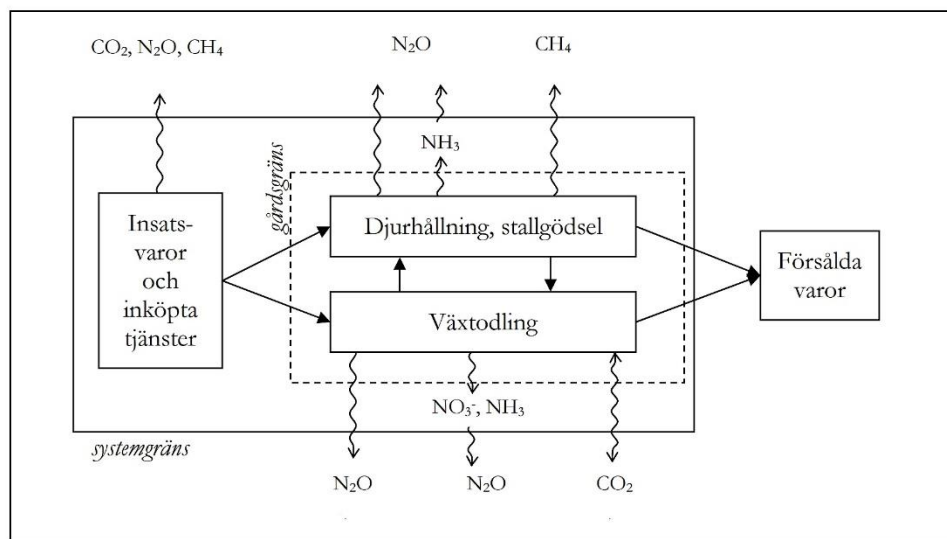
Denna studie inriktar sig på svensk jordbruksproduktion. Då en så kallad livscykelanalys (LCA), kan innebära olika slags miljöpåverkan, inriktar sig denna studie endast på avgången av växthusgaser. Då en LCA, innebär den totala resursanvändningen och miljöpåverkan från en produkts hela livscykel är det dessa studier jag använder mig av när det handlar om klimatbelastningen av alla insatsvaror, det vill säga gårdens totala inköp. I övrigt undersöks hela gården som ett sammansatt system, en enhet för att beräkna växthusgasutsläpp. Inga uträkningar av växthusgaser på produktnivå har genomförts (bortsett från en kompletterande bilaga), förutom vid beräkningar av mängd inköp av insatsvaror.

Studien behandlar endast de processer som rör driften av själva gården. Därför berörs inte växthusgasutsläpp från till exempel uppvärmning av bostadshuset (Figur 1).

Fokus på studierna i rapporten ”Jordbrukets klimatpåverkan-kartläggning, åtgärder, ekonomisk analys och rådgivningsmodell” (Berglund *et al.*, 2009), Hushållningssällskapets så kallade JOKER-projekt, är gårdsdriften och dess totala klimatpåverkan, inte på hur en driftsförändring skulle påverka växthusgasutsläppen. Denna fråga kommer dock att behandlas i diskussionen till denna studie.

Jag använder samma beräkning som används för en av gårdarna i JOKER-projektet i Sverige just vid den tiden rapporten skrevs eftersom mycket få uppdateringar av beräkningsmetoder har gjorts sedan dess.

Jag har i denna studie ej tagit hänsyn till förändringar av mullhalt eller uträkningar av kol i mark.



Figur 1: Systemgränser, det vill säga gränser för den enhet där växthusgasavgång beräknas och de olika processer som ingår i studien av växthusgaser inom själva gårdarna. Växthusgaser från användning av försålda varor räknas därför inte med (begränsas av en gårdsgräns), men däremot från produktion av inköpta varor (begränsas av en systemgräns). Raka pilar visar på material- eller energiflöden och vågiga pilar på emissioner. Efter JOKER-rapporten (Berglund et al., 2009).

2 Litteraturstudie

2.1 Klimat

Växthuseffekten innebär att jordens atmosfär värms upp. Detta är orsakat av särskilda gaser och partiklar i jordens atmosfär som mer effektivt än kväve eller syre fångar upp den infraröda strålningen från solen, som har reflekterats tillbaka från jordens yta. De vanligaste växthusgaserna är koldioxid (CO_2), metan (CH_4), dikväveoxid (N_2O , lustgas), ozon och klorfluorkolföreningar (CFC). Jorden är i genomsnitt ca 35°C varmare än den skulle vara helt utan växthusgaser (Ridpath, 2018).

Utsläppen av CO_2 har sedan den industriella revolutionen stigit med nästan 30%, CH_4 -utsläppen har mer än fördubblats och N_2O i jordens atmosfär har stigit med runt 15%. Detta har i sin tur påskyndat en naturlig växthuseffekt till att under slutet av 1900-talet, accelerera i form av en global uppvärmning även om det har varit omdiskuterat om i hur pass stor omfattning så är fallet (Park & Allaby, 2017). Förbränning av fossila bränslen är huvudorsak till CO_2 -utsläpp, medan CH_4 främst är en biprodukt från jordbruket (Schaschke, 2014).

Koldioxidekvivalenter kallas de jämförbara mängder CO_2 som utsläpp av olika växthusgaser skulle orsaka samma påverkan på jordens uppvärmning, inom en given tid. Det finns många olika tillvägagångssätt att mäta koldioxidekvivalenter, men den vanligaste är att multiplicera utsläppen med dess egna uppvärmningspotentialer (Global Warming Potential-GWP, Tabell 1) (IPCC, 2018).

Tabell 1. Omräkningstabell för koldioxidekvivalenter per 100 år

Växthusgas	Uppvärmningspotential (GWP)
CO ₂ (koldioxid)	1
CH ₄ (metan)	25
N ₂ O (dikväveoxid, lustgas)	298

AR4, *Fourth Assessment Report* (IPCC, 2007).

För att mäta en blandning av växthusgaser krävs det att man summerar koldioxidekvivalenterna för varje uppmätt växthusgas. Att beräkna totalmängden koldioxidekvivalenter på detta vis är vanligt för att jämföra utsläpp av olika växthusgaser (IPCC, 2018). N₂O och CH₄ är kraftiga växthusgaser. Ett kg CH₄ motsvarar ungefär 25 kg koldioxidekvivalenter och ett kg N₂O ca 298 kg (Tabell 1) (IPCC, 2007, Berglund *et al.*, 2009).

I IPCC's, FN's klimatpanels, senaste rapport *Global warming of 1,5°C* (2018) ställer man sig frågor kring hur vi kan bekämpa klimatförändringarna globalt. I rapporten kan man finna överblick av hur situationen bedöms just i skrivande stund.

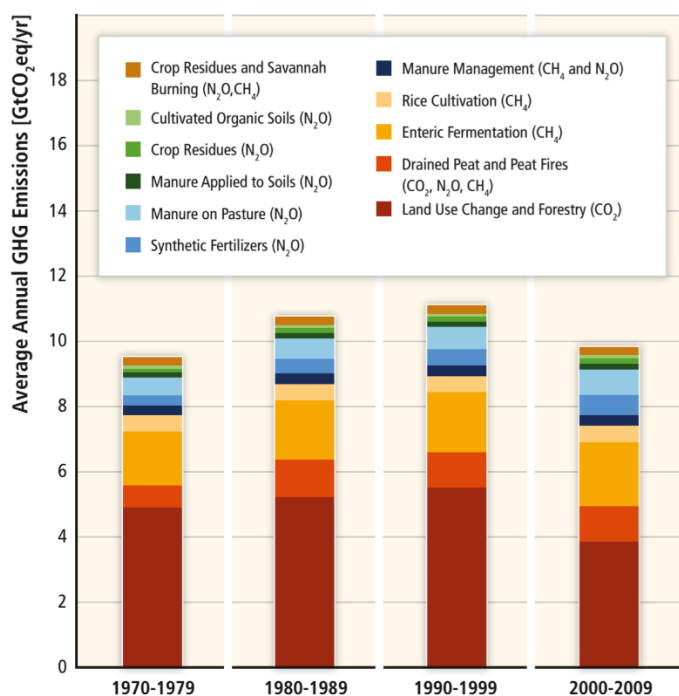
Klimatpanelen bedömer att det globala klimatet har ökat i temperatur jämfört med förindustriell tid med många bevis på att dessa förändringar har haft inverkan på organismer och ekosystem, i såväl mänskliga system som för människans välbefinnande.

Jordens uppvärmning orsakat av människan har beräknats att uppnå ungefär 1°C över förindustriella nivåer 2100 med en ökning från då på 0,2° per årtionde.

Vissa utsläppsvägar för att hålla ner mängden växthusgaser i atmosfären leder till 1,5°C. De definieras av IPCCs rapport som de som, med nuvarande kunskap om klimatrespons, ger en viss möjlighet att hålla temperaturen kvar under 1,5°C. Men även av de utsläppsvägar som gör att man kan återgå till 1,5°C vid omkring år 2100, efter att en överskridning har inträffat (IPCC, 2018).

Alla utsläppsvägar som leder till att 1,5°C-målet inte överskrids innebär, enligt IPCC-rapporten, att utsläpp av växthusgaser måste begränsas. Begränsning av utsläpp ska då kräva antingen att de globala utsläppen av växthusgaser minskas till noll innan gränsen har uppnåtts, eller att återgå till de föregående nivåerna av globala utsläpp efter att gränsen har överskridits.

Vissa växthusgaser antas att ha gemensamma utsläppsvägar som CO₂ och kan då i stor utsträckning hanteras även genom en ökad koldioxidbekämpning. Andra kräver enligt rapporten specifika åtgärder, till exempel att inrikta sig på begränsningar av jordbrukets utsläpp av N₂O och CH₄ (IPCC, 2018).



Figur 2. Globala biogena växthusgasutsläpp från jordbruk (enligt IPCC, 2014).

Totalt sett beräknas jordbruket globalt stå för mellan 10-12% (2010) av växthusgasutsläppen (IPCC, 2014) samt ca 13,6 % av de svenska utsläppen (2017) (Naturvårdsverket, 2018).

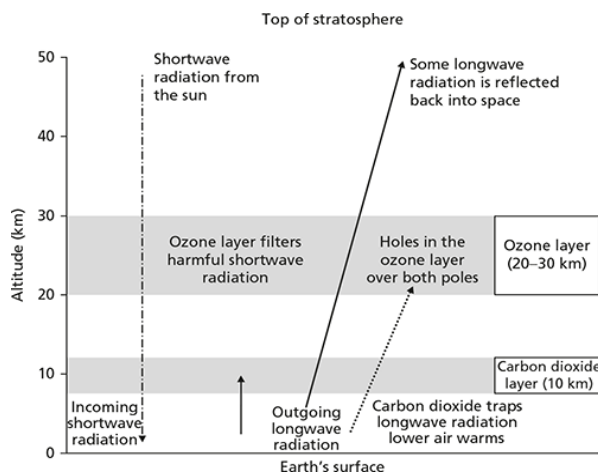
Figur 2 visar globala biogena växthusgasutsläpp från jordbruk, men man har här då inkluderat risodling, torvmark, savann, skogsbruk och annan markanvändning även fast dessa kategorier inte är inkluderade i min kandidatuppsats för svenska förhållanden (Figur 13) (IPCC, 2014). Globalt sett beräknas jordbruket stå för ca 50% av de antropogena CH₄-utsläppen (IPCC, 2007), varav 32-40 procentenheter bildas vid husdjurens fodermältning (IPCC, 2018). Jordbruket har bedömts stå för ca 60% av de globala N₂O-utsläppen, varav knappt 40 procentenheter kommer från kvävet omsättning i marken (IPCC, 2007).

Även i Sverige består jordbrukets växthusgasutsläpp företrädesvis av N₂O och CH₄. Jordbruket står för 53 respektive 46% av de nationella utsläppen (beräknat för CH₄ och N₂O, 2017) av dessa växthusgaser. N₂O-utsläppen orsakas även här främst från kvävet omsättning i mark och CH₄ från idisslarnas fodermältning. Mer än hälften av dessa växthusgasutsläpp kan härledas till produktion av animaliska livsmedel (Naturvårdsverket, 2019).

Utsläpp av växthusgaser från jordbrukssektorn i Sverige minskar långsamt. Framför allt är det minskad användning av mineralgödsel samt reducerad djurhållning som är bidragande orsaker till lägre siffror (Naturvårdsverket, 2019).

FN:s klimatpanel IPCC anser i sin senaste rapport att en förbättrad effektivitet i livsmedelsproduktionen samt förändrade skötselmetoder i jordbruket såsom produktionssystem för blandade grödor och boskap, förbättrad bevattningseffektivitet eller väl utformade anpassningsprocesser som anpassning i samarbete på lägre samhällsnivåer kan vara effektiva beroende på sammanhang och olika former av sårbarheter (IPCC, 2018). Markanvändning som ökar markens kolupplagring kan vara en effektiv klimatförändringsstrategi (Tidåker *et al.*, 2014).

Man vill i rapporten hävda att en uppvärmning på mer än 1,5°C inte är oundviklig. Klimatpanelen ser det som att en begränsning av uppvärmningen till 1,5°C innebär att man ska försöka att uppnå noll CO₂-utsläpp globalt kring år 2050 och samtidigt genomföra en kraftig minskning av utsläpp av övriga växthusgaser (IPCC, 2018).



Figur 3. Växthuseffekten förenklad (enligt Park & Allaby, 2017).

2.2 Biodynamiskt jordbruk

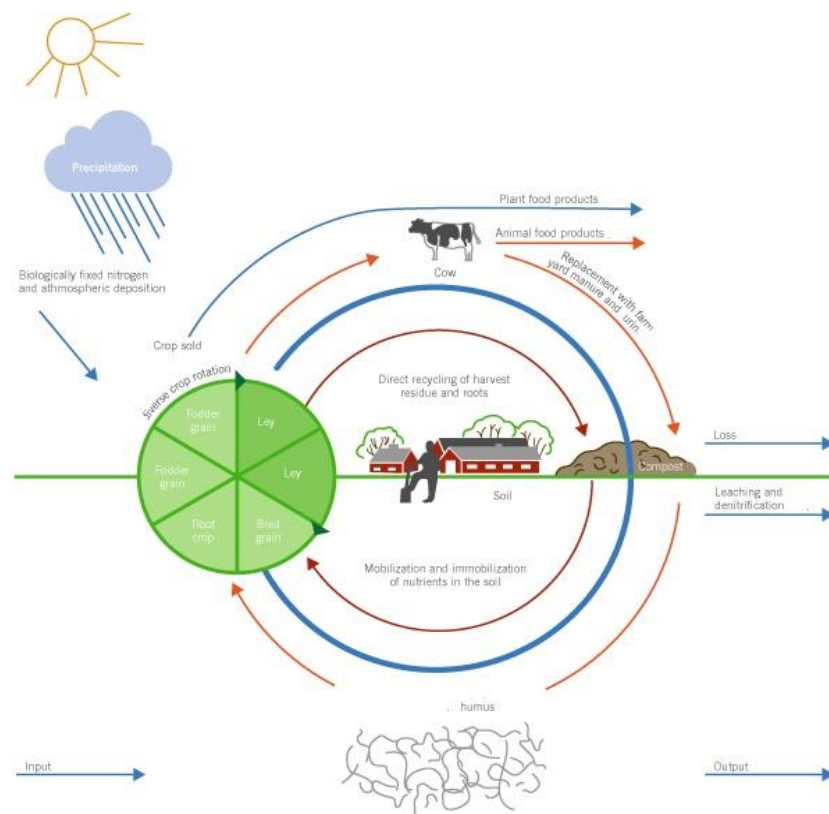
”I naturen, i allt varande, står alla ting i ömsesidig växelverkan. Det ena verkar alltså in i det andra” sa Rudolf Steiner (Steiner, 2005), antroposofins grundare (samt också den biodynamiska lärans eller filosofins grundare), i ett par berömda föreläsningar som han höll för lantbrukare i Polen på 1920-talet. Boken *En lantbrukskurs* som citatet är hämtat ifrån, består av åtta av Steiners föredrag från denna tid. Den hänvisar till en rad praktiska åtgärder som kan tillämpas i trädgårdsodling eller jordbruk. Men den är framför allt en utgångspunkt för, enligt Steiner, en bättre förståelse av naturen och hur allt där hänger samman (Steiner, 2005).

Ordet biodynamik härstammar från grekiskans ord för ”liv” och ”rörelse”, alltså livets rörelse (Appelgren & Lindberg, 2004). Enligt den antroposofiska filosofin är livet inte bara en materiell fråga med avsaknad av den andliga aspekten eller kunskaper om hur livsprocesser blir påverkade av olika krafter (Steiner, 2005).

Biodynamiskt jordbruk är en av de tidigaste formerna av ekologiskt jordbruk. Det biodynamiska jordbruket har utvecklat sin egen världsomspännande, alternativa standard, i förhållande till regler i de övriga ekologiska jordbruken (Baars *et al.*, 2019).

Det biodynamiska jordbruket kännetecknas av att man ser på hela gården som ett sammansatt system där allt inom systemets gränser är integrerat (Arman, 1989). Detta begränsar till viss del jordbrukarens möjlighet att öka avkastningen såväl i växtodlingen per hektar som per djur. Födan för idisslande boskap består mest av grovfoder, inte foderkoncentrat (högre halt av näringsämnen och energi koncentrerat) av olika slag (i enlighet med Tabell 8-10 i detta arbete). Mjolkproduktionen per djur är till exempel vid biodynamiskt jordbruk lägre än vid ett konventionellt sådant (Baars *et al.*, 2019). Några av huvudfrågorna inom biodynamiskt jordbruk är hur man förbättrar artbiodiversiteten på gården och förbättrar jordkvalitén i systemet för att producera så bra och näringsrika foder- och livsmedel som möjligt (Vaitkevičienė *et al.*, 2019).

Ekologisk och biodynamisk odling innebär att syntetiskt framtagna kemiska bekämpningsmedel helt utesluts och bara naturliga produkter används (Rosendals trädgård, 2016, Ascard *et al.*, 2017). Den biodynamiska odlingen skiljer sig från andra ekologiska odlingsinriktningar bland annat genom att man använder sig av biodynamiska preparat. I övrigt överensstämmer mestadels biodynamisk odling med övriga ekologiska odlingsinriktningar (Chalker-Scott, 2018).



Figur 4. Integrerat system för självförsörjning vid ett biodynamiskt jordbruk (efter Granstedt, 2018).

Steiner (2005) ansåg att naturen måste visas större hänsyn eftersom vi måste se att allt levande har en inre värld och så pass mycket olikheter som styr de olika livsprocesserna.

Man försöker inom det biodynamiska jordbruket att förhindra störningar (även om man ofta försöker göra det vid konventionellt jordbruk också). Bland annat vill man minimera användningen av djupvänd plöjning (Granstedt *et al.*, 1998) för att inte påverka det som lever i jorden (Arman, 1989). Med höga mullhalter och en bra tillväxt, med djupgående rötter, har man goda erfarenheter av biodynamiskt bruk av detta slag (Granstedt *et al.*, 1998). Inom det biodynamiska jordbruket använder man sig även av en så varierad växtföljd som möjligt för att på så vis minska risken för sjukdomar och angrepp av insekter och för att försöka stärka växternas livskraft. Man använder sig av så lokalt anpassade eller ursprungliga grödor (kulturgrödor) som möjligt med syftet att grödorna ska tåla förändringar av olika slag (Palmcrantz, 2019, pers. komm.).

Det biodynamiska tankesättet likställer hela gården med att vara som en sorts "organism" (Baars *et al.*, 2019) och komposten har ofta jämförts med att vara liksom gårdens "hjärta". Detta innebär att jord som odlas biodynamiskt får sin näring

från växter och djur. All halm och odling av foder används inom den egna gården (Arman, 1989, Rosendals trädgård, 2016). Gödsel från de egna boskapen används till åkrarna (Steiner, 2005), liksom även i övrigt ekologiskt lantbruk.

Vid konstgödning antar Giannattasio *et al.* 2013 att den biodynamiska filosofin inte låter jorden få användning av nyttiga mikroorganismer (Vaitkevičienė *et al.*, 2019) eller av smådjur (Steiner, 2005) samt att mullkapitalet bryts ner långsiktigt utan vallodling och tillförd stallgödsel (Tidåker *et al.*, 2014, Naturvårdsverket, 2010). Enligt de biodynamiska kunskaperna hänvisas detta, liksom annat, till att man inte kan ta mer av naturen än vad den ger (Steiner, 2005).

Det som framförallt skiljer den biodynamiska odlingen från andra ekologiska odlingsinriktningar är att man, i stället för kemiska växtskyddsmedel, använder ett antal biodynamiska, växtbaserade kompostpreparat som är framställda enligt biodynamisk praxis, anpassad till den biodynamiska så- och skördekalendern (Chalker-Scott, 2018, Biodynamiska föreningen, 2018). De biodynamiska preparaten är framställda av örterna röllika (*Achillea millefolium*), kamomill (*Matricaria chamomilla*), brännässla (*Urtica dioica*), ekbark (*Quercus robur*), maskros (*Taraxacum*) samt läkevänderot (valeriana) (*Valeriana officinalis*) (Biodynamiska föreningen, 2018). Enligt den biodynamiska läran används dessa växter för att ”utjämna ensidigheter som har uppstått i naturen eller till att förstärka delar av växtprocesserna” och har enligt denna då som följd en effekt mot växtskadegörare. På våren tillförs jorden i det biodynamiska jordbruket, förutom kompostpreparaten, även fältpreparat baserat på åkerfräken (*Equisetum arvense*) och i form av ett gödselbaserat humuspreparat. Under sommaren får grödorna ett tillskott av ett kvartsbaserat kiselpreparat, som är ett annat biodynamiskt fältpreparat (Arman, 1989, Rosendals trädgård, 2016, Chalker-Scott 2018) för att stabilisera och förhöja plantans kvalitetsutveckling (Biodynamiska föreningen, 2018).



Figur 5. Kor på bete på Nibble gård. (Foto: Julia Seidenstädt SLU).

3 Material och metod

Detta arbete är en litteraturstudie där även kalkyler för uträkning av koldioxidekvivalenter använts. Det är en fallstudie av en biodynamisk gård, Nibble gård, i form av en jämförande studie med en konventionellt brukad gård Västraby gård (Berglund *et al.*, 2009). I litteraturstudien har såväl vetenskapliga artiklar som rapporter, samhällsinformation, annan litteratur och muntliga källor använts för vidare analyser.

Jag har utgått från projektet ”Jordbrukets klimatpåverkan 2009” det s.k. JOKER-projektet (Berglund *et al.*, 2009) som har tre svenska exempelgårdar konventionellt brukade, vilka har analyserats för att visa hur olika driftsinriktningars klimatpåverkan kan se ut. JOKER står för ”Jordbrukets klimatpåverkan-kartläggning, åtgärder, ekonomisk analys och rådgivningsmodell” I projektet har man utarbetat metoder där man med hjälp av ett antal ekvationer, som jag har använt mig av, kan räkna ut olika utsläppsnivåer av växthusgaser (Bilaga 1).

Den konventionellt brukade exempelgården Västraby och den studerade biodynamiskt brukade gården Nibble har likartad driftsinriktning. Båda har mjölkproduktion med självrekrytering samt växtproduktion för avsalu. Djurintensitet vad gäller antal djur per arealenhet är likartat. Detta är av betydelse för att denna jämförelse ska kunna bli gjord. Produktionsnivåerna skiljer sig däremot åt i såväl djurhållning som växtodling med lägre nivåer på Nibble gård. Den konventionella gården är nästan sex gånger så stor men jämförelserna görs efter omräkning av emissionerna i koldioxidekvivalenter per hektar.

Vidare analys av innehåll eller till exempel mängd emissioner av biodynamiska preparat har ej genomförts då de använda små mängder är försumbara i detta sammanhang. Däremot namnges dessa preparaten i textdelen om biodynamisk odling samt innehållet i foderstaterna (Tabell 8-10). Koldioxidekvivalenter från biodynamiska preparat har ej behandlats då värdena är försumbara. Det finns inga uppgifter om att de biodynamiska preparaten och dess beredning medför någon direkt påverkan på växthusavgången. Spridning sker (två gånger om året) med traktor men till exempel inga bekämpningsmedel används vilket även det skulle påverka de sammanlagda emissionsvärdena (Granstedt, 2019, pers. komm.).

De underlagsdata och beräkningsmodeller som används från Nibble gård (SBFI, 2018, SBFI, 2019) och Västraby gård (Berglund *et al.*, 2009) omfattar klimatpåverkan i jordbruksproduktionens hela livscykel fram till gårdsgrinden. Med detta menas

fram till dess att animalieprodukter, grödor etcetera. lämnar gården (Figur 1). Inventeringar av utsläppskällor omfattar produktion samt transport av insatsvaror till gården och alla aktiviteter och processer inom grindarna som bidrar till klimatpåverkan, inklusive insatsvarornas slutanvändning. På Nibble gård används inhämtade data i form av växtnärbalanser, från två år (2017 samt 2018) och uppgifter om likvärdiga avseende Västrabys gårds utsläppsvärden från JOKER-rapporten (Berglund *et al.*, 2009). Gårdsdata används som grund för beräkningar och presenteras därmed i resultatdelen. Ett par värden för sammanlagda koldioxidekvivalenter av insatsvaror har inhämtats särskilt. Då 2018 var ett ovanligt torrt år som därmed särskilde sig klimatmässigt gör jag även en jämförande analys för 2017 respektive 2018 för Nibble gård. För jämförbarhetens skull har jag använt samma beräkningsmetoder som i den aktuella JOKER-rapporten (Bilaga 1).

Studerade gårdar

3.1 Nibble gård, biodynamiskt brukad

Nibble gård ligger i Ytterjärna söder om Stockholm. Där ingår åkermark, naturbete och skog i ett kustavrinningsområde, direkt anslutet till Östersjön. I söder gränsar de, på mellan till styvlera uppbyggda odlingsmarkerna, till beskogade moränområden. Marken här karaktäriseras av en måttlig mullhalt, ett gott K-tillstånd, ett lågt P-tillstånd och ett pH värde på omkring 6,3. Gårdens areal beräknas till 139 ha.

Inriktningen på gården är mjölkproduktion baserad på produktion av eget foder och odling av brödsäd. Under några år har även rotfrukter och potatis odlats på platsen. Kor, får, hästar och höns finns där. De mesta av intäkterna från jordbruket kommer från mjölkproduktionen. År 2018 fanns där 44 mjölkkor plus rekrytering. Mjölkvastningen låg på ca 7500 ECM per ko och år (Tabell 7). All producerad mjölk säljs till Järna mejeri (utom vassle som ges tillbaka därifrån, som biprodukt, och används på den egna gården igen). Till Saltå Kvarn i Järna säljs också all säd, som inte blir fodersäd till gårdens egna djur. Slakt sker vid Närkes Slakteri (Granstedt, 2018). Den huvudsakliga foderstaten är hö. En relativt liten del är kraftfoder (det vill säga bland annat den fodersäd som inte säljs till Saltå Kvarn) (SBFI, 2018, SBFI, 2019).

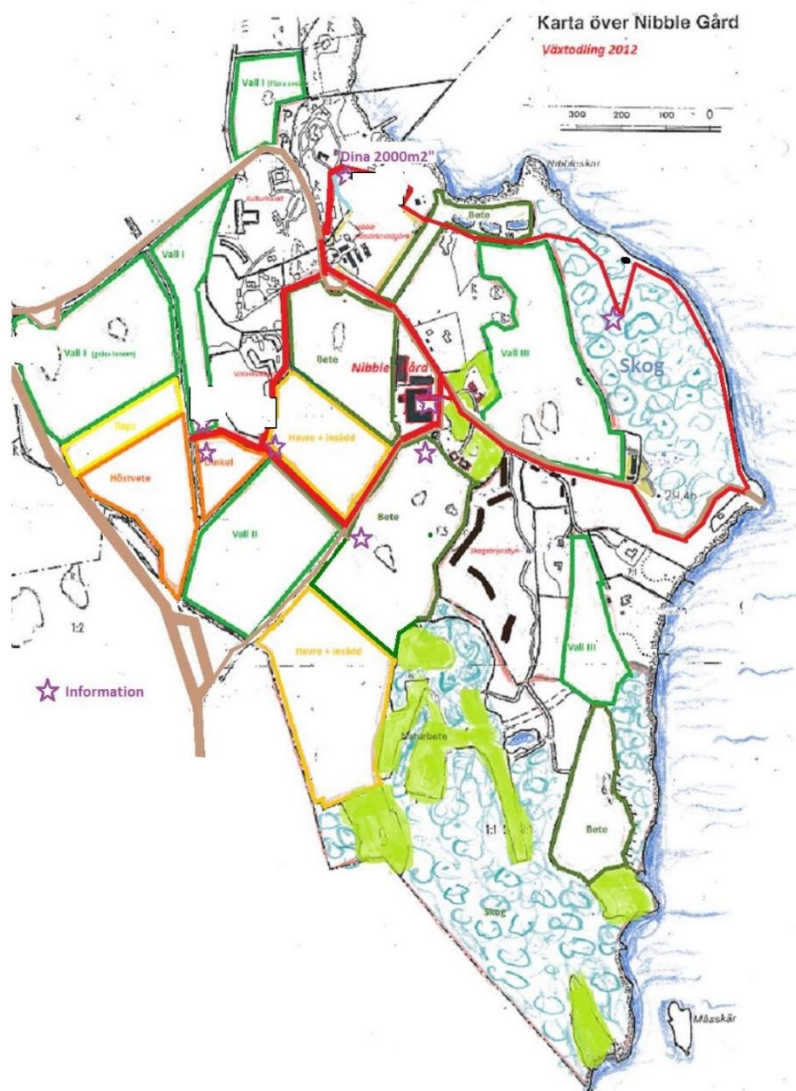
Gården Nibble som har funnits sedan 1400-talet (Järna Naturbruksgymnasium, 2019), inköptes 1966 för att den skulle läggas om till biodynamisk odling (Granstedt, 2018). Nästan hela gården är nu nybyggd efter en brand 2013 (Granstedt, 2018, pers. komm.). Sedan 1999 är även Järna Naturbruksgymnasium ansluten till gården (Järna Naturbruksgymnasium, 2019), ett gymnasium som har inriktningen

ekologisk och biodynamisk odling (Granstedt, 2018) samt en waldorfpedagogisk profil (Järna Naturbruksgymnasium, 2019). Man har även olika former av fältförsök inom området (Granstedt, 2019, pers. komm.).

Inom växtodlingen använder man sig av en femårig växtföljd som är inriktad på stråsäd och vall (Granstedt, 2018) av en vallfröblandning bestående av olika gräsarter och baljväxter såsom rödklöver (*Trifolium pratense*), vitklöver (*Trifolium repens*), käringtand (*Lotus corniculatus*) och blåusern (*Medicago sativa*). Betet runt gården plöjs upp och sås om vart femte till sjätte år med gräs och till exempel klöver eller andra kvävefixerande baljväxter (SBFI, 2018, SBFI, 2019, Granstedt, 2019, pers. komm.).



Figur 6. Hönor och trädgårdsodling på Nibble gård. (Foto: Julia Seidenstädt SLU).



Figur 7. Karta över Nibble gårds odlingsmarker. Ljusgrönt är bete, åkermark är vitt och det blå (i ringar) är övrig mark. (efter Granstedt, 2018).

3.2 Västraby gård, konventionellt brukad

Mjölkgården Västraby ligger nordost om Helsingborg. Där ingår även en omfattande växtodling, bland annat utsädesodling. Gården och odlingsmarkerna är uppbyggda på ett lerjordsområde där stora arealer utgörs av mycket styv lera. Gårdens areal beräknades till 637 ha då rapporten ”Jordbrukets klimatpåverkan 2009” skrevs.

Då fanns där 270 mjölkkor plus rekrytering. Mjölkvastningen låg på 10 700 ECM per ko och år (Tabell 5). Gården antogs då av ”Jordbrukets klimatpåverkan 2009” hantera all stallgödsel som flytgödsel. All stallgödsel sprids på egen areal. Växtodlingen omfattar bete, vall, vårvete, höstvete- bröd, höstvete- foder, korn, sockerbetar och majs.

Den beräknade mängden förbrukade insatsvaror, inräknat foder, framgår av Tabell 8, motsvarade genomsnittliga värden för gården, under en längre period. Foderstaten bestod av vall (ensilage), eget och inköpt foder.

De totala växthusgasutsläppen från gården beräknades 2009 till uppskattade koldioxidekvivalenter på 3680 ton, varav knappt 45 % i form av N₂O, 40 % i form av CH₄ och knappt 20 % i form av CO₂ (Figur 14). CH₄ från djurens fodersmältning utgjorde den enskilt största andelen av utsläppen, vilket motsvarade en tredjedel av de totala växthusgasutsläppen. Därefter stod produktionen av mineralgödsel för en sjättedel av de totala utsläppen. De biogena växthusgasemissionerna som skedde på gården stod för sammanlagt 70% av gårdens totala växthusgasutsläpp (Figur 10) (Berglund *et al.*, 2009).

3.3 Systemskillnader mellan de två studerade gårdarna

Jordbrukssystem med mjölkproduktion kännetecknas globalt av stor variation. Dels hur systemen kan se ut, dels hur mängderna växthusgasutsläpp från dessa varierar i olika delar av världen. De lägsta utsläppen av växthusgaser per kg producerad mjölk finns i Europa och i Nordamerika (Flysjö *et al.*, 2012).

Västraby gård ligger utanför Helsingborg i Skåne, vilket medför en längre vegetationsperiod jämfört med Nibble gård i Järna i Södermanland, med tidigare vår och senare höst i Skåne (SMHI, 2019). En längre vegetationsperiod gynnar växtproduktionen.

De tydligaste systemskillnaderna på de undersökta gårdarna som direkt berör växthusavgång är skillnader i användning av växtnäring och växtnäringshantering, växtskydd, då främst användning av kemiska bekämpningsmedel, val av grödor och inköpt kraftfoder.

När det handlar om växtnäringstillförseln på den biodynamiskt brukade gården Nibble så används endast djurgödsel till de odlade grödorna. Hälften behandlas som flytgödsel och resterande del som komposterad fastgödsel från djupströbäddar (komposterad gödsel har samma beräknade emissionsfaktorer som fastgödsel). Från flytgödsel avges framförallt CH₄ vilket begränsas till viss del av svämtäcke på båda gårdarna (Berglund *et al.*, 2009, Granstedt, 2018, pers. komm.). Fastgödselförlagring under lång tid som på Nibble gård har en betydande avgång av N₂O men även av CH₄ (Berglund *et al.*, 2009). På den konventionellt brukade Västraby gård tillförs växtnäring både som djurgödsel i form av flytgödsel och som mineralgödsel.

Gällande växtskydd på den konventionellt brukade Västraby gård så används kemiska bekämpningsmedel för att bekämpa ogräs och växtskadegörare. På den biodynamiskt brukade Nibble gård används inga kemiska bekämpningsmedel. Men man använder förutom mekanisk bearbetning mot ogräs biodynamiska preparat (se beskrivning under rubrik Biodynamiskt jordbruk) med målet att stärka plantorna och man använder sig av lokalt anpassade kultursorter (Palmcrantz, 2019, pers. komm.) för skydd mot växtskadegörare.

Med de bakgrundsfakta som jag har tillgång till i denna studie har den biodynamiskt brukade gården Nibble mer fokus på att använda kvävefixerande baljväxter i grödvalet än Västraby gård. Nibble gård använder flera arter av baljväxter i vallen och odlar kvävefixerande ärt tillsammans med havre som foder till korna och får då också ett egenproducerat proteinrikt foder (SBFI, 2018, SBFI, 2019). Det framkommer dock inte från Berglund *et al.* (2009) om Västraby gård använder baljväxtblandning i vallen men jag gör antagandet att det är en klöver-gräsvall. Västraby gård har ett bredare utbud av grödor än Nibble gård (Berglund *et al.*, 2009).

Vid Västraby gård består foderstaten av ensilage samt eget och inköpt kraftfoder. Vid biodynamiska Nibble gård är det huvudsakliga fodret hö. En relativt liten del är kraftfoder som bland annat består av gårdens egna fodersäd. Nibble gård är inriktad på hög grad av egen foderförsörjning, huvudsakligen baserad på detta grovfoder utan hög användning av koncentrerade fodermedel med stor andel energi och protein (Tabell 9-10). Den konventionella gården Västraby är i jämförelse med biodynamiska Nibble gård inriktad på en större mjölkproduktion baserad på den högre andelen inköpt koncentrerat fodermedel (SBFI, 2018, SBFI, 2019, Granstedt, 2020, pers. komm., Berglund *et al.*, 2009). Enligt Cederberg & Mattsson, (2000) leder kraftfoder som används vid utfodring av idisslare till ökade tillväxthastigheter och högre mjölkproduktion. Följden blir då en minskad CH₄-avgång i förhållande till produktionsmängd (per kg). Men odling av ettåriga grödor såsom fodersäd, medför ett större utsläpp av kol från mark än fleråriga vallgrödor (Röös *et al.*, 2018).

På Västraby gård används mer fossil energi än på Nibble gård, det vill säga produktionsmedel för tillverkning av bekämpningsmedel, konstgödsel och importerade fodermedel.

Till skillnad från dagens specialiserade jordbruk, karaktäriseras biodynamiskt brukade gårdar av att försöka vara så självförsörjande som möjligt och därmed hålla allt de själva producerar inom gårdens slutna system. De två studerade gårdarna har en liknande driftsinriktning med mjölkproduktion, men också en relativt omfattande växtodling och är därmed inte så specialiserade (Kap. 3 i detta arbete).

Förbättringar önskas i dagsläget av Nibble gård för att upprätthålla dess egna slutna system, bland annat för att minska klimatbelastningar som till exempel transporter, minskad djurhållning, bruk eller tillverkning av nya insatsvaror kan medföra (Granstedt, 2019, pers. komm.).

4 Resultat

Uppgifter om de senaste årens vanligaste grödor, arealfördelningar och skördenivåer för Västraby gård 2008 (Berglund *et al.*, 2009) och för Nibble gård 2017 + 2018 (Granstedt, 2019, pers. komm.) presenteras i tabellerna 2-4. Avkastningen på Västraby gård är generellt betydligt högre än på Nibble gård. Beräkningar av skörderester i kg kväve per ha ingår också i tabellerna och Nibble gård har genomgående lägre mängder. Avkastning och skörderester efter majs och sockerbetor, som endast odlas på Västraby gård, visar de högsta mängderna.

Tabell 2. :Växtodlingen på Västraby gård. Arealer och medelskörd samt beräknad mängd kväve (N) i skörderester ovan och under jord (enligt Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

Gröda	Areal(ha)	Skörd (kg/ha)	Skörderester (kg N/ha)
Höstvete, bröd	130	7900	81
Höstvete, foder	130	7100	73
Vårvete	25	5800	74
Korn	60	4600	57
Sockerbetor	60	47000	100
Vall	180	11000	79
Majs	10	10800	110
Bete	10	1500	8
Träda	32		

Tabell 3. :Växtodlingen på Nibble gård 2017. Arealer och medelskörd samt beräknad mängd kväve (N) i skörderester ovan och under jord (data från Granstedt, 2019, pers. komm., beräkningar enligt Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

Gröda	Areal(ha)	Skörd (kg/ha)	Skörderester (kg N/ha)
Höstvete + havre	10	3000	35
Vall	15	6000	68
Bete	27	3500	26
Havre/ ärt	20	3500	56
Höstraps	8	2000	31
Bete; extensiv vall	39	3500	26

Höstvete+ havre: höstvete respektive havre. Havre/ ärt: samodling av havre och ärt. Bete: femårig betesvall. Bete; extensiv vall: långliggande, extensivt brukad vall.

Tabell 4. :Växtodlingen på Nibble gård 2018. Arealer och medelskörd samt beräknad mängd kväve (N) i skörderester ovan och under jord (data från Granstedt, 2019, pers. komm., beräkningar enligt Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

Gröda	Areal(ha)	Skörd (kg/ha)	Skörderester (kg N/ha)
Höstvete	9	2600	37
Havre	6,8	2800	31
Vall	15	4700	53
Bete	27	4500	33
Havre/ ärt	3,5	500	16
Höstraps	7	1000	20
Bete; extensiv vall	50,7	2600	19

Havre/ ärt: samodling av havre och ärt. Bete: femårig betesvall. Bete; extensiv vall: långliggande, extensivt brukad vall.



Figur 8 och 9. Komposterad fastgödsel samt flytgödselanläggning på Nibble gård. (Foto: Julia Seidenstädt SLU)

På Nibble gård finns det idag 44 mjölkkor plus rekrytering, 4 tackor plus lamm, 3 hästar samt 50 värphöns (Tabell 6 och 7). Mjölkkavkastningen är beräknad till ca 7500 kg ECM per ko och år (SBFI, 2019). Västraby gård är en mjölkgård med 270 kor och en ECM på 10 700 kg (Tabell 5) (Berglund *et al.*, 2009). Nibble gård har ett flytgödselsystem, men även ett fastgödselsystem baserat på djupströbädd som komposterar innan spridning till höstsäd. En mindre mängd fastgödsel (30 ton) avyttras till grannverksamheten Nibble Handelsträdgård. En tredjedel av all gödsel som korna producerar beräknas att hamna direkt på betet. Hälften av stallgödseln, beräknas i denna studie hanteras som flytgödsel med svämtäcke och hälften som komposterad djupströbädd som lagras i mer än en månad (Granstedt, 2018, pers. komm.). På gården Västraby hanteras stallgödseln endast som flytgödsel med svämtäcke (Berglund *et al.*, 2009). Nästan all stallgödsel används på egen areal både på Nibble gård (Granstedt, 2018, pers. komm.) och vid Västraby gård. I tillägg används mineralgödsel vid Västraby gård (Berglund *et al.*, 2009), men ingen mineralgödsel används vid Nibble gård (SBFI, 2018, SBFI, 2019).

Tabell 5. :Uppgifter om djurhållningen på Västraby gård (enligt Berglund *et al.*, 2009).

	Antal	Betesperiod (månader)	CH ₄ -produktion Fodersmältning (kg CH ₄ /djur/år)
Mjölkkor (10 700 kg ECM/ko/år)	270	5	136
Rekryteringsdjur (kor)	200	5	53

Tabell 6. :Uppgifter om djurhållningen på Nibble gård 2017 (data från Granstedt, 2019, pers. komm., beräkningar enligt Cederberg, 2000, Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

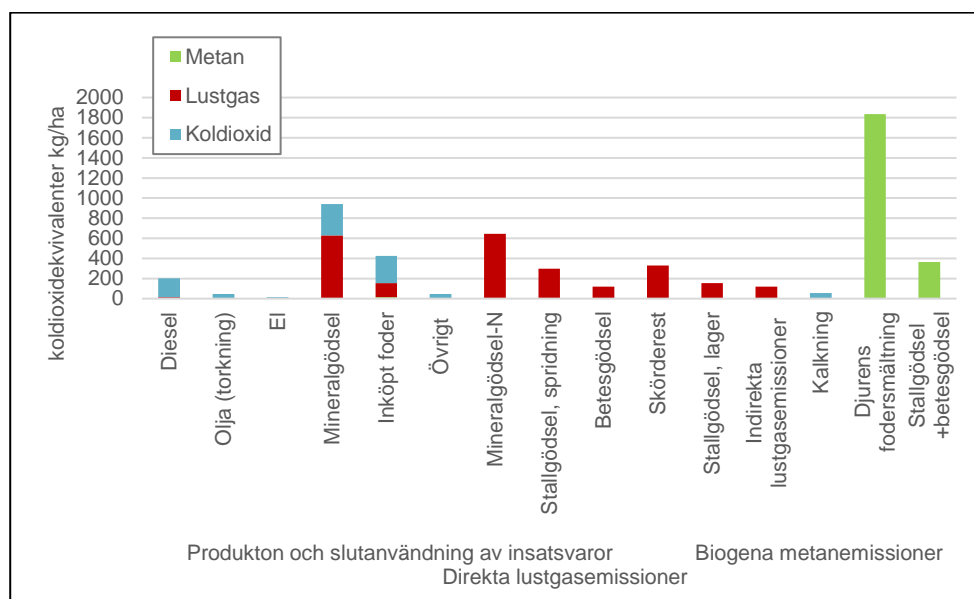
	Antal	Betesperiod (månader)	CH ₄ -produktion Fodersmältning (kg CH ₄ /djur/år)
Mjölkkor (7500 kg ECM/ko/år)	55	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	152
Rekryteringsdjur (kor)	40	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	59
Hästar	3	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	18
Värphöns	50	Större delen av året	

Tabell 7. :Uppgifter om djurhållningen på Nibble gård 2018 (data från Granstedt, 2019, pers. komm., beräkningar enligt Cederberg, 2000, Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

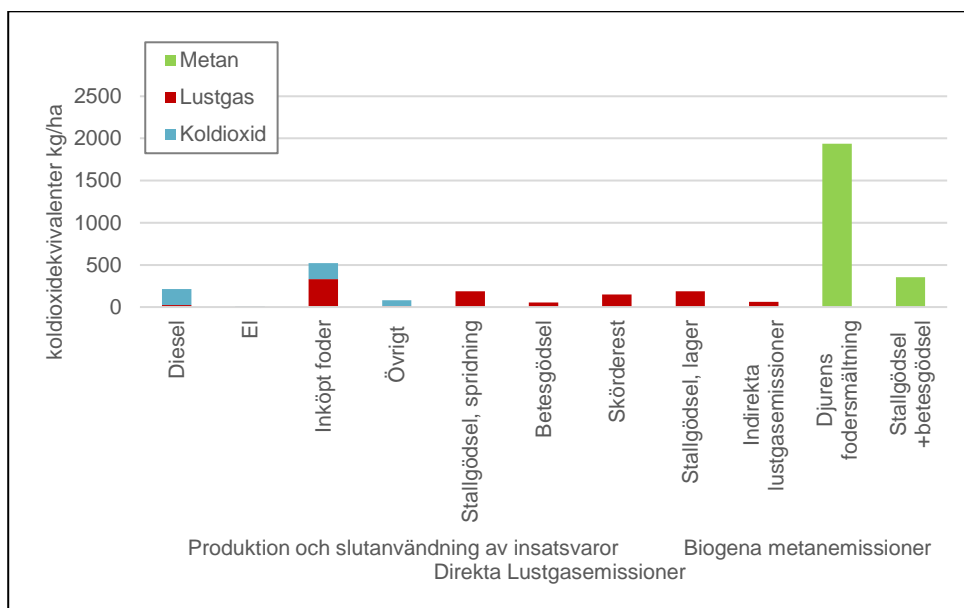
	Antal	Betesperiod (månader)	CH ₄ -produktion Fodersmältning (kg CH ₄ /djur/år)
Mjölkcor (7500 kg ECM/ko/år)	44	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	152
Rekryteringsdjur (kor)	40	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	59
Tackor	4	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	8
Hästar	3	5,5 + rastning utomhus öv- riga delar av året	18
Värphöns	50	Större delen av året	

En sammanställning kring beräkningar av växthusgasutsläpp omvandlat till koldioxidekvivalenter från insatsvaror som har använts i djurhållningen och i växtodlingen (dvs diesel, olja för torkning, el, mineralgödsel, inköpt foder och övrigt) redovisas i figurerna 10-12. Beräkningarna redovisas som tabellform i bilaga 2 och 3. (Tabell 8-10)

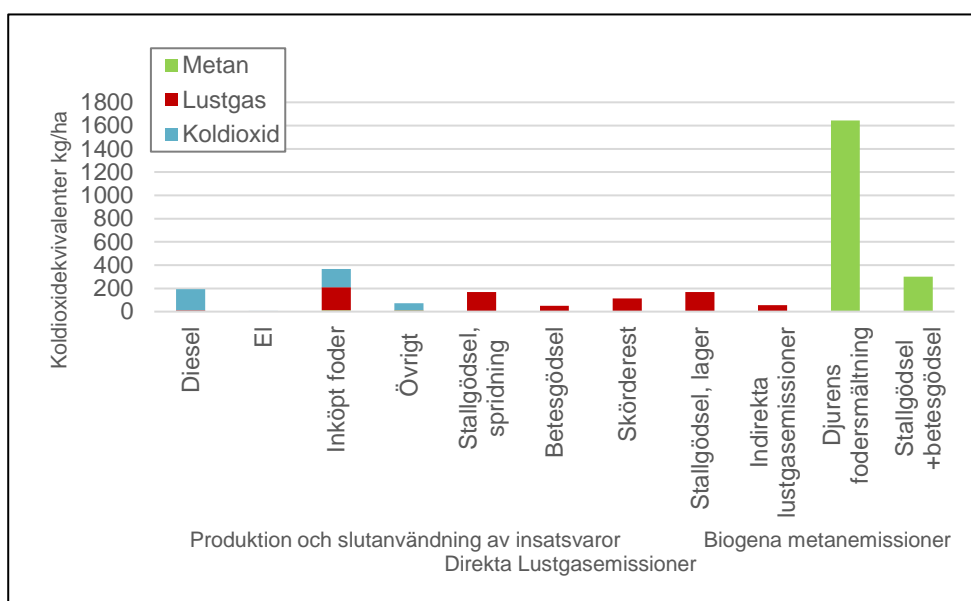
Resultaten av direkta lustgasemissioner (mineralgödsel-N, stallgödsel, spridning, betesgödsel, skörderester, stallgödsel och lager) samt biogena metanemissioner (djurens fodersmältning och stallgödsel + betesgödsel) redovisas i figurerna 10-12. Indirekta lustgasemissioner och kalkning redovisas i figurerna var för sig och i tabellerna i bilaga 4-6 (Tabell 11-13) har de beräknade uppgifterna om biogena emissioner från djurhållningen och växtodlingen på Nibble gård respektive Väst-raby gård, sammanställts. Tillverkningen av mineralgödsel (Figur 10) och djurens fodersmältning (Figur 10-12) ger störst utslag främst genom produktionen av metan och lustgas (SBFI, 2018, SBFI, 2019, Cederberg, 2000, Granstedt, 2019, pers. komm., Berglund et al., 2009). Av tabell 11-13 framgår skillnader mellan gårdarnas direkta biogena utsläpp av N₂O i fält, dvs Skörderester, Stallgödsel och Betesgödsel.



Figur 10. Västraby gård, årliga koldioxidekvivalenter i kg per hektar, diesel: produktion, transport och användning i fält, olja (torkning): produktion, transport, torkning av spannmål, mineralgödsel: produktion, transport, mineralgödsel-N: användning, betesgödsel: av djuren tillfört (insatsvarors värden är tolkade av samma diagram i ton i JOKER-rapporten 2009) (efter Berglund et al., 2009).

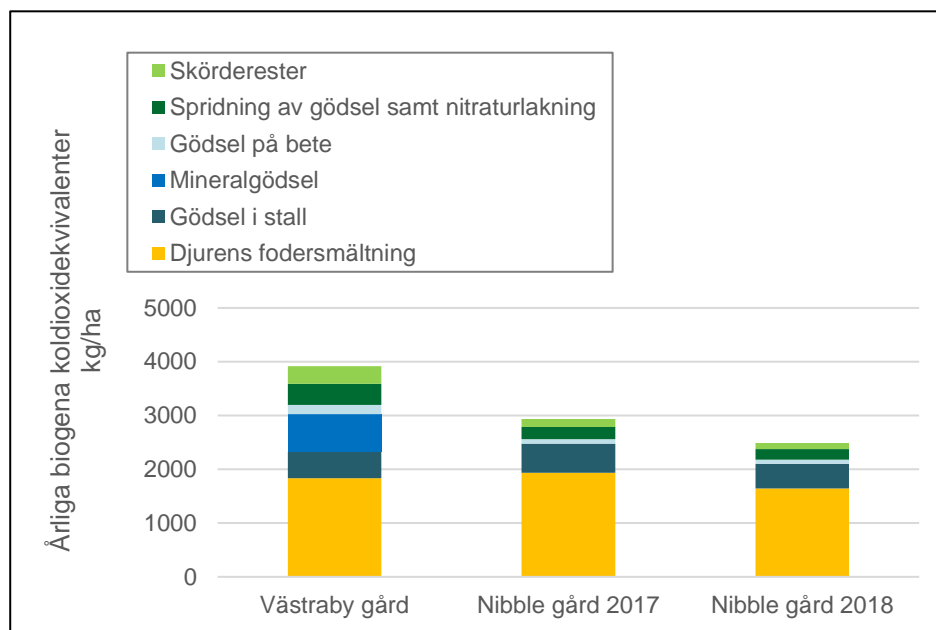


Figur 11. Nibble gård 2017, årliga koldioxidekvivalenter i kg per hektar, diesel: produktion, transport och användning i fält, betesgödsel: av djuren tillfört (basdata enligt Tabell 9 och 12, Bilaga 3 samt 5).

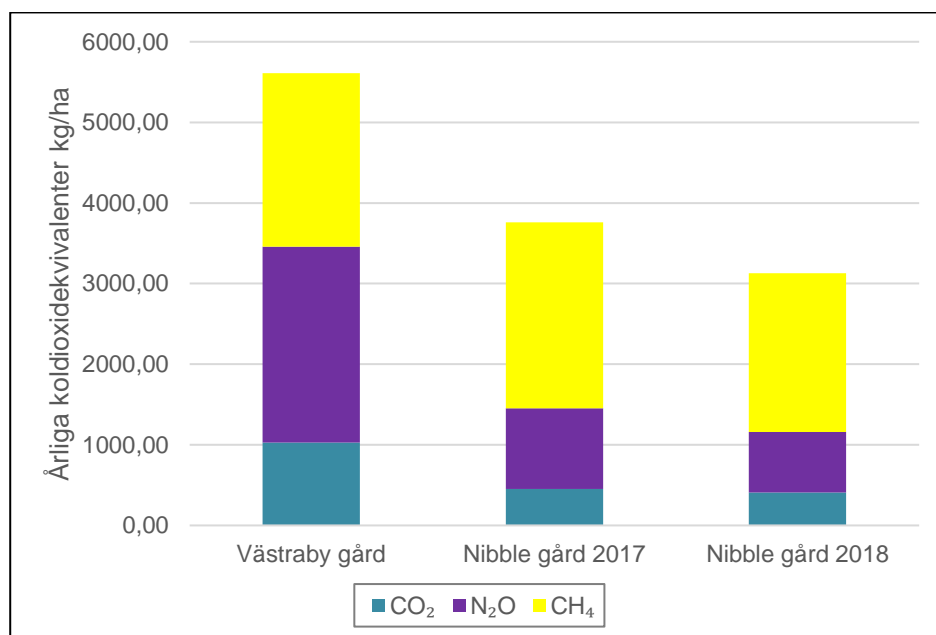


Figur 12. Nibble gård 2018, årliga koldioxidekvivalenter i kg per hektar, diesel: produktion, transport och användning i fält, betesgödsel: av djuren tillfört (basdata enligt Tabell 10 och 13, Bilaga 3 samt 6).

För de totala växthusgasutsläppen från Västraby gård beräknas uppskattade koldioxidekvivalenter till 5611 kg/ha (totalt 3680 ton). De totala växthusgasutsläppen från Nibble gård beräknas till uppskattade koldioxidekvivalenter på 3664 kg/ha (totalt 509 ton) för år 2017 samt 3062 kg/ha (totalt 426 ton) för år 2018. För Nibble gård blev det båda åren likartade procentsatser CO₂- och CH₄-utsläpp, med en något mindre procentandel N₂O-utsläpp 2018. Fördelningen var strax under 30 % i form av N₂O, lite mer än 60 % i form av CH₄ och 13-14 % i form av CO₂ (Figur 14). För Västraby gård var andelen N₂O betydligt högre än för Nibble gård. CH₄ från djurens fodermältning på Nibble gård utgör den enskilt största andelen av utsläppen, motsvarande hälften av de totala växthusgasutsläppen (Figur 13). De biogena växthusgasemissioner från gården står sammanlagt för lite över 80% av Nibble gårds totala växthusgasutsläpp. De totala växthusgasutsläppen från Västraby gård fördelades 2009 på knappt 45 % i form av N₂O, 40 % i form av CH₄ och knappt 20 % i form av CO₂ (Figur 14).



Figur 13. Årliga biogena koldioxidekvivalenter i kg/hektar, indelat i kategorier (basdata enligt Tabell 11-13, Bilaga 4-6).



Figur 14. Årliga koldioxidekvivalenter per växthusgas i kg/hektar sammanlagt (basdata enligt Tabell 8-13, Bilaga 2-6).

5 Diskussion

De främsta skillnaderna i produktionsform och orsak till skillnader i resultat mellan de två studerade gårdarna är användning eller inte användning av mineralgödsel, direkt biogent N_2O i fält samt inköpta fodermedel. (Figur 10-12 + Tabell 8, 9 och 11-13, Bilaga 2-6). På Nibble gård använder man inte mineralgödsel, kemiska bekämpningsmedel eller lika stora delar koncentrat vid utfodringen som på den konventionella gården (Tabell 8 och 9, Bilaga 2-3) (SBFI, 2018, SBFI, 2019). Detta har resulterat i lägre utsläppsnivåer av växthusgaser på Nibble gård, av bland annat N_2O , men även av CO_2 , som avgår vid produktion av inköpta produktionsresurser men Nibble gård har lägre produktionsnivåer (Figur 10-12).

Användning av mineralgödsel är en av de främsta skillnaderna gällande klimatbelastning mellan de båda gårdarna då både dess produktion och spridning på fält bidrar till höga N_2O -nivåer. Även CO_2 emission blir ett resultat av produktionen av mineralgödselkväve (Berglund *et al.*, 2009).

Gällande växtskydd på den konventionellt brukade Västraby gård så används kemiska bekämpningsmedel som resulterar i utsläpp av framför allt CO_2 , till följd av produktion, transporter och spridning i fält (Berglund *et al.*, 2009). Skillnader i proportion till gårdarnas övriga klimatbelastningar är inte så betydande (Tabell 8). Däremot är skillnad tydlig i jämförelse av använda biodynamiska preparat eller kemiska bekämpningsmedel. Rööf *et al* (2018) framhåller att för att minska växthusgasavgången i samband med en ökad avkastning på ekologiska gårdar är det viktigt att hålla djur och växter friska samt att uppmuntra användningen av djurraser och grödor med bra resistens och högre produktionsnivåer.

Skillnader mellan gårdarnas direkta biogena utsläpp av N_2O i fält är däremot ganska så betydande för skörderester, stallgödsel och betesgödsel (Tabell 11-13).

Det finns mindre mängder skörderester kvar på fält på Nibble gård jämfört med på Västraby gård. Detta beror på att produktionen på Nibble gård är lägre och att djuren får den mesta av halmen (Granstedt, 2019, pers. komm.).

Till följd av att 2018 var ett ovanligt torrt år är Nibble gårds kvävemängder i skörderester lägre 2018 än 2017 (Tabell 3-4). Detta resulterar i lite lägre N_2O -utsläpp 2018 än 2017 från Nibble gård (Figur 14). Men dessa resultat skiljer sig troligen inte i från hur Västraby gårds kvävemängder i skörderester skulle ha påverkats under samma tidsperiod.

Man har vid Nibble gård en lägre gödselproduktion på grund av att man producerar mindre mängd mjölk per ko jämfört med vid Västraby gård. Vid Nibble gård

äter gårdens boskap mindre mängd foder, med en foderstat mer fokuserad på grovfoder, vilket leder till en lägre mjölkproduktion. Om man ökar mängden foder i foderstaten, så ökar även klimatpåverkan från denna källa som en följd av detta, om man räknar per hektar. Men direkt N_2O i fält blir lägre på Nibble gård än på Västraby gård som resultat av att emissioner sker tidigare i hanteringskedjan, det vill säga i stallgödsellagring hos den föregående (Tabell 11-13).

Det är en relativt hög klimatbelastning av stallgödsellagring i form av fastgödsel på Nibble gård. Detta syns framför allt för år 2017, jämfört med Västraby gård (Figur 13). Stallgödsel i form av under en längre tid lagrat djupströ, som i denna studie enbart finns på Nibble gård, har högre emissionsfaktorer för såväl CH_4 som N_2O än flytgödsel med svämtäcke. Flytgödsel som lagringsteknik används delvis på Nibble gård men fullt ut på Västraby gård. Detta resulterade i högre växthusgasavgång från kategorin lagring i stall på Nibble gård 2017. 2018 var djurantalet lägre på Nibble gård vilket då gav en lägre växthusavgång och även en lägre klimatbelastning. Skillnader i koldioxidekvivalenter mellan Västraby gård och Nibble gård beror bland annat på att kvävenivåerna i växtodlingen är lägre på Nibble gård (SBFI, 2018, SBFI, 2019, Granstedt, 2019, pers. komm., Berglund *et al.*, 2009).

Produktionen, såsom skörd från växtodlingen och mängd producerad mjölk, är oftast större på konventionellt brukade gårdar som också är fallet vid Västraby gård. Detta medför att om man beräknar utsläpp av växthusgaser per kg produkt så kan resultatet avseende klimatbelastning bli mer gynnsamt för en konventionellt brukad gård, än om man beräknar avgången av växthusgaser per hektar (Röös *et al.*, 2018). Man kan i stället för att beräkna växthusgasutsläpp per ha, även se dessa skillnader per producerad mängd vara till avsalu (Röös *et al.*, 2013).

Enligt en metaanalys (71 studier) av europeisk forskning om ekologiskt och konventionellt brukade gårdar framkommer att ekologisk produktion kräver 84% mer areal än konventionell (Tuomisto *et al.*, 2012). Resultatet från min studie med två gårdar är betydligt lägre. Detta kan dels bero på att gårdarna är relativt likartade, särskilt avseende mjölkproduktionen, men också att båda har en variation i växtodlingen. Bedömningen har gjorts utan vidare analys av Västraby gårds odling av sockerbetor och vårvete, vilka egentligen oftast kan kräva mer insatsvaror.

Med rapporten ”Jordbrukets klimatpåverkan 2009” som referens fanns det här bara två exempelgårdar att jämföra mellan, vilka man inte egentligen kan dra generella slutsatser från. Men till exempel Flaten *et al* (2018) möjliggjorde, med sin studie av ett större antal exempelgårdar, där totala emissioner CO_2 -ekv räknat per energienheter och protein i produkter och areal (ha), en mer balanserad representation samt mer omfattande analyser för underlag till vidare diskussioner. Liknande beräkningar genomfördes där Västraby gård hade lägre emissioner per produkt i energi och protein, men högre räknat per ha, med hänvisning till Bilaga 7 (Tabell 14-15). Men då konsumtionens klimatkonsekvenser ska beräknas är emissioner relaterat till

mängd livsmedel i form av protein eller energi av värde. Det kan ses som nödvändigt att inkludera beräkningarna av emissioner till exempel relaterat till näringsinnehåll och matsvinn för att genomföra en mer rättvisande analys (Serikstad, 2018). Däremot kan man anse att om man bara fokuserar på produktbaserade indikatorer så bortser man ofta från lokala negativa miljökonsekvenser (även om sådana på andra håll kanske lättare upptäcks vid beräkning av produkters emissioner). Räknar man som jag har gjort här, per ha, så kan man bland annat gå vidare med att bedöma markförutsättningar på platsen. Till exempel kan mobilisering inom en större areal ge ytterligare emissioner men det området kan även utgöra en betydande kolsänka. Man kanske även som odlare tycker sig ha bättre kontroll över detaljer i beräkningsprocesser när det är man själv som bidrar med källor. Hur som helst så anses det ofta, att räkna emissioner från gårdar per ha, som relevant ur ett odlarperspektiv, för att kunna jämföra gårdar med varandra, oberoende av storlek.

För separata insatsvaror som till exempel solenergi (en del av Telge Energis elförsörjning till Nibble gård) har jag bara kunnat få fram värden för sammanlagda CO₂-ekv. Mer specifika värden för både CO₂, N₂O och CH₄ hade varit önskvärda för att kunna göra så exakta sluträkningar som möjligt. Men gällande solenergin är värdena för CH₄ och N₂O försumbara (det är en industriprodukt, alltså utan biogena emissioner vid produktionen) och de har därmed ej använts. (Telge Energi, 2018). Vidare utveckling av kunskap om mer specifik klimatbelastning för såväl ekologiskt som konventionellt producerade produkter är önskvärd.

Samma värden för uppvärmningspotentialer som var aktuella, när JOKER-rapporten skrevs har använts i denna studie, det vill säga värden framtagna vid klimatmötet 2007. Detta var en förutsättning för att kunna göra en jämförelse med gården Västraby. För vidare studier rekommenderas att använda uppdaterade siffror för beräkningar.

Växthusgasutsläpp som kan hänvisas till foderproduktionen ingår i flera staplar i de olika figurerna. Till exempel visar stapeln inköpt foder bara de utsläpp från fodret som köps in till gården. Utsläppen från egenproducerat foder redovisas inte för sig utan är inbakade i flera staplar, bland annat i staplarna för diesel och för direkta och indirekta lustgasemissioner. Resultat av insatsvarors data och emissionsfaktorer för sammanlagda koldioxidekvivalenter som har inhämtats separat (Tabell 8-10) och JOKER-rapportens summeringar av emissionsfaktorer för både CH₄, N₂O samt CO₂ (Figur 10-12) skiljer sig marginellt var på detta här inte har beaktats (Berglund *et al.*, 2009, Röös, 2012, Woodhouse, 2019, Lantmännen, 2019, Telge Energi, 2019).

Både den biodynamiskt brukade Nibble gård och den konventionellt brukade gården Västraby har en relativt stor areal växtodling i förhållande till djurantalet. För en mer renodlad mjölkgård kan emissionerna från djurhållningen stå för en ännu större andel av de totala växthusgasutsläppen.

Man kan poängtera att det finns gårdar där klimatbelastningen skulle minska ytterligare i de fall gården är helt självförsörjande, med foder (om man genomför beräkningarna per hektar i varje fall). Nibble gård har i dagsläget något för många djur för att kunna vara självförsörjande med foder, då en del av spannmålsproduktionen går till avsalu. Man köper in extra halm och foder, som belastar mängden avgångna växthusgaser, vilket man önskar att undvika. Därför planeras en minskning av djurantalet på gården framöver för att kunna hålla cirkeln sluten (Granstedt, 2019, pers. komm.).

Förr använde sig den biodynamiskt brukade granngården till Nibble av biogas från egen anläggning på gården som producerades med gårdens egna gödsel som bas. Brukarna av Nibble gård har haft i tankarna att vara självförsörjande med energi på liknande vis. Framtidsvisionen är att till bland annat traktorer kunna använda sig av, eget förnyelsebart bränsle istället för klimatbelastande diesel. Detta kan ske genom att låta gödseln genomgå en anaerob rötning till biogas som är en förnyelsebar energikälla vilken efter förbränning blir till icke klimatbelastande koldioxid. Det vill säga icke fossil energi som har hämtats utifrån gårdssystemets produktion av organiskt material, vilken bildas ur koldioxid, vatten och med ljus som energikälla (Granstedt, 2020, pers. komm., Granstedt *et al.*, 2005) Tuomisto *et al.* (2012) föreslår också rötning av gödsel för biogasproduktion som ett sätt att förbättra den ekologiska produktionen, dels produceras metan för uppvärmning och användning som drivmedel samt att rötresterna kan bidra med växtnäring som tillförs grödorna när de bäst behöver näringen.

Stor tyngd inom den biodynamiska odlingen läggs på användning av gamla kultursorter i stället för på moderna, förädlade sorter. Dessa sorter har vid Nibble gård lägre avkastning men i många fall mer djupgående rötter (Halvarsson, 2018, Palmcrantz, 2019, pers. komm.). De torra förhållandena 2018 visade, enligt observationer vid Nibble gård, på en mer stabil avkastning för kultursorter jämfört med moderna sorter (Granstedt, 2019, pers. komm.). Forskning pågår för att vetenskapligt studera spannmålssorter av olika slag för att bland annat kartlägga hur sorterna klarar torrperioder (Palmcrantz, 2019, pers. komm.) För att minska växthusgasavgången på ekologiskt brukade gårdar, beroende av en ökad avkastning är det viktigt att uppmuntra mer ur produktionsnivåer gynnsamma grödor eller djurraser (Röös *et al.*, 2018). Minskad jordbearbetning på Nibble gård och fleråriga grödor (som vall) bevarar markens mullförråd och minskar där med växthusgasutsläppen (Tidåker *et al.*, 2014, Naturvårdsverket, 2010). Båda gårdarna i denna studie odlar vall som grovfoder till korna och båda bidrar därför till bevarandet av markens mullförråd. Det finns inte data på vilka arter som ingår i Västraby gårds vall, men man kan anta att det är en klöver- gräsvall, det vill säga att det ingår kvävefixerande grödor även där. Nibble gård har ytterligare utvecklat produktionen av kvävefixerande grödor genom att pröva olika arter. (SBFI, 2018, SBFI, 2019) Att bevara och ännu bättre öka

mulldförrådet i marken ger bättre förutsättningar för minskade växthusgasutsläpp från jordbruket. Ökar mulldförrådet så innebär det ökad mängd organiskt bundet kol i marken. Vallodling bidrar med en inlagring av kol i form av CO₂ och har därmed en positiv inverkan på klimatet (Röös, 2019, Naturvårdsverket, 2010, Tidåker *et al.*, 2014).

Det är låga siffror avseende nitratlakning på Nibble gård jämfört med Västraby gård (Tabell 11-13). Orsaken är att Nibble gård tillför inte lika mycket kväve, de tillför inte mineralgödsel. Det finns en risk vid höga kvävegivor att det bildas mer dikväveoxid (Jordbruksverket, 2019).

På grund av torkan 2018 hade man på Nibble gård ett mer omfattande foderinköp trots att man hade färre djur detta år än 2017 (Tabell 6, 7, 9, 10). Detta resulterade i en högre belastning på klimatet, men var nödvändigt för utfodringen.

Min hypotes var att klimatbelastningen från den biodynamiskt brukade Nibble gård skulle vara lägre än den konventionellt brukade Västraby gård. Vid jämförelse av gårdarna som system och kg CO₂-ekv/ha visades tydliga skillnader med lägre belastning från Nibble gård räknat per ha, men andra resultat för beräkningar av emissioner per produkt i energi samt protein (Tabell 14-15).

Tydliga skillnader i växthusavgång fann jag även då jag jämförde två produktionsår, 2017 och 2018, för Nibble gård. Ett lägre djurantal 2018 och ett större foderinköp detta år på grund av torkan, medförde trots detta ett likvärdigt, men ändå något lägre klimatbelastningsresultat per hektar.

Min studie indikerar att en biodynamiskt brukad gård kan, som i detta fallet, jämfört med en konventionellt brukad, leda till minskad klimatpåverkan. Detta kan gälla ekologisk produktion räknad per hektar generellt (Serikstad, 2018) och är resultatet av en metaanalys av Tuomisto *et al.* (2010) och av Flaten *et al.* (2018). Ekologisk produktion bidrar även med en del andra fördelar för gården och dess omgivning som till exempel att bidra till att nå tre av Sveriges uppsatta miljömål ”en giftfri miljö”, ”ett rikt odlingslandskap” samt ”ett rikt växt- och djurliv” (Sveriges miljömål, 2019).

Vid beräkningar av det slag som utförts för två gårdar i detta arbete, med gården som helt system, pekar resultaten på att en minskad användning av kemiska bekämpningsmedel (även om denna klimatpåverkan i relation till övriga klimatbelastningar inte är väldigt betydande), en minskad användning av mineralgödsel, fossila energislag samt med ökad självförsörjning och framför allt ett minskat djurantal skulle, förutom belastningar på artbiodiversitet, även klimatbelastningar (om man räknar per hektar) inom jordbruket kunna minska. Generella siffror för studier av detta slag av ekologiskt jordbruk brukar tillföra liknande resultat (Tuomisto *et al.*, 2012, Flaten *et al.*, 2018). Om man beräknar klimatpåverkan per kg produkt är variationer i dagsläget betydande, av många skilda faktorer som till exempel olika nivåer av efterfrågan av klimatkrävande produkter i perioder, eller väderrelaterade

produktionsförhållanden, så att skillnader inte är entydiga. För att tydliggöra och kunna påverka jordbrukets klimatpåverkan rekommenderas fortsatta studier av växthusavgång men med uppdaterade bakgrundsdata för enskilda produkters klimatpåverkan. Här finns (om man räknar per ha), om man inte vill lägga om hela sin kosthållning till ännu mer klimatvänliga alternativ som till exempel mindre animaliska produkter, viltfångat eller mer närproducerat, inom biodynamisk jordbruksproduktion, en av flera andra alternativa vägar till att minska klimatbelastningar.

Referenslista

- Appelgren, M., Lindberg, A. (2004). *Den biodynamiska trädgården*. Västerås: Ica.
- Arman, K. (1989). *Jord och bröd. en handbok i biodynamisk odling*. Stockholm: Kosmos Förlag.
- Ascard, J., Löfkvist, K., Mie, A., Wivstad., M. (2017). *Växtskyddsmedel i ekologisk produktion-användning och gifter*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. (EPOK) Tillgänglig: <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/epok/dokument/vaxtskyddsmedele-kowebb.pdf> [2019-12-15]
- Baars, T., Wohlers, J., Rohrer, C., Lorkowski, S., Jahreis, G., (2019). Patterns of Biodynamic Milk Fatty Acid Composition Explained by A Climate-Geographical Approach. *Animals*, 9 (3), 111
- Berglund, M., Cederberg, C., Clason, C., Henriksson, M., Törner, L. (2009). *Jordbrukets klimatpåverkan – underlag för att beräkna växthusgasutsläpp på gårdsnivå och nulägesanalyser av exempelgårdar. Delrapport i Joker-projektet*. Eldsberga: Hushållningssällskapet, Halland. Tillgänglig: <http://hs-n.hush.se/attachments/82/2888.pdf> [2019-05-31]
- Biodynamiska föreningen (2018). *Biodynamiska preparat Användning, Preparatfakta*. [Broschyr]. Järna: Biodynamiska föreningen Tillgänglig: <https://www.biodynamisk.se/om-f%C3%B6reningen/kontakt-23041627> [2020-06-25]
- Cederberg, C., Mattsson, B. (2000). Life cycle assessment of milk production - a comparison of conventional and organic farming. *Journal of cleaner production*, 8, 49-60
- Chalker-Scott, L., (2004). The Myth of Biodynamic Agriculture. *Master gardener magazine* Tillgänglig: <https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/403/2015/03/biodynamic-agriculture.pdf>
- Chalker-Scott, L., (2018). The Science Behind Biodynamic Preparations. *Hort Technology*, 23(6) 814-819
- de Ponti, T., Rijk, B., van Ittersum, M.K., (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1-9
- Flaten O., Koesling M., Hansen S., Veidal A. (2018). Links between profitability, nitrogen surplus, greenhouse gas emissions, and energy intensity on organic and conventional dairy farms. *Agroecology and Sustainable Food Systems* Tillgänglig: <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1544960> [2019-12-15]
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S. (2012). The interaction between milk and beef production and emissions from land use change – critical considerations in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production*, 28, 134–142
- Giannattasio M., Vendramin E., Fornasier F., Alberghini S., Zanardo M., Stellan F., *et al.* (2013). Microbiological features and bioactivity of a fermented manure product (preparation 500) used in biodynamic agriculture, *J. Microb. Biotech.*, 23, 644–651
- Granstedt, A., Blomqvist, J., Drake, H., Wellner, M. (1998). *Ekologiskt lantbruk. fördjupning; växtodling, djurhållning, trädgård, ekonomi*. Stockholm: Natur och kultur/LT.
- Granstedt, A., Thomsson, O., Schneider, T. (2005). Environmental impacts ecolocal food systems-final report from BERAS Work Package 2. *Ekologiskt lantbruk*, 46 Tillgänglig: <http://orgprints.org/7041/1/ekolantbruk46.pdf> [2019-07-18]
- Granstedt, A., (2018). *Morgondagens jordbruk. med fokus på Östersjön*. Linköping: Larsson Offsettryck
- Halvarsson, A. (2018). *Går det att odla ekologiskt vårvete för hantverksmässor bakning i Jämtlands län?* Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet. (Examensarbete inom Agronomprogrammet- mark/växt, 2018:1) Tillgänglig: <https://stud.epsilon.slu.se/13143/> [2020-02-01]

- IPCC (2007). *Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: Cambridge University Press. Tillgänglig: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg3_full_report-1.pdf [2019-06-17]
- IPCC (2014). *Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, ss. 811–922. Tillgänglig: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf [2019-06-17]
- IPCC (2018). *Global warming of 1.5°C (2018). An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Incheon: IPCC. In press. Tillgänglig: <http://www.ipcc.ch/report/sr15/> [2019-03-05]
- Jordbruksverket (2019). *Stallgödsel- växtnäringssinnehåll och långtidsverkan*. Tillgänglig: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/jordbruksgrödor/vete/vaxtnaring/stallgodsel/tabellerstallgodsel.4.3229365112c8a099bd980001803.html> [2019-07-18]
- Järna Naturbruksgymnasium (2019). *Skolan*. Tillgänglig: <https://www.jarnanaturbruksgymnasium.se/skolan> [2019-05-31]
- Kirchmann, H. (1994). Biological dynamic farming - An occult form of alternative agriculture? *Springer*, 7(2) 173-187
- Lantmännen Lantbruk (2019). *Nötfor Sund Akleja 100*. [Broschyr]. Malmö: Lantmännen Lantbruk. Tillgänglig: <https://ehandel.lantmannen.se/e-SalesImages/document/3039.pdf> [2019-06-13]
- Leiber, F., Fuchs, N., Spieß, H., (2006). Biodynamic agriculture today. *Organic Agriculture: A global perspective* 141-149
- Livsmedelsverket (2020). *Sök näringsinnehåll*. Tillgänglig: <http://www7.slv.se/SokNaringsinnehall> [2020-06-24]
- Mäder, P. *et al.* (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694–1697
- Naturvårdsverket (2010). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda, data från 2001-2007*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 6349) Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6349-8.pdf> [2020-06-25]
- Naturvårdsverket (2018). *Fördjupad analys av svensk klimatstatistik 2018*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport 6848) Tillgänglig: [https://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6800/978-91-620-6848-6/\[2019-05-31\]](https://www.naturvardsverket.se/Om-Naturvardsverket/Publikationer/ISBN/6800/978-91-620-6848-6/[2019-05-31])
- Naturvårdsverket (2019). *Utsläpp av växthusgaser från jordbruk*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-jordbruk/> [2019-07-11]
- Park, C., Allaby, M. (2017). *A Dictionary of Environment and Conservation*. Oxford University Press.
- Raupp, J. *et al.* (2006). *Long Term Field Experiments in Organic Farming*. Tillgänglig: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063115041> [2019-06-13]
- Raupp, J., König, U.J. (1996). Biodynamic Preparations Cause Opposite Yield Effects Depending Upon Yield Levels. *Biological Agriculture and Horticulture*. 13(2), 175–188.
- Ridpath, I. (2018). *A Dictionary of Astronomy*. Oxford University Press.
- Rosendals trädgård (2016). *Stora ekologiska trädgårdskursen*. [Studiekompendium]. Stockholm: Rosendals trädgård. Tillgänglig: [https://www.rosendalstradgard.se/kontakta-oss/\[2020-07-06\]](https://www.rosendalstradgard.se/kontakta-oss/[2020-07-06])
- Röös, E. (2012). *Mat-klimat-listan*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, (Epsilon)

- Röös, E., Wivstad, M., Salomon, E., Sundberg, S. (2013). *Ekologisk produktion och klimatpåverkan – En sammanställning av kunskapsläge och framtida forskningsbehov*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, (EPOK) Tillgänglig: <file:///C:/Users/User/Downloads/Eko-prod-o-klimatp-webb.pdf> [2019-07-08]
- Röös, E., Salomon, E., Mie, A., Wivstad, M. *et al.* (2018). Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38: 14 Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0489-3> [2019-07-05]
- Röös E. (2019). *Kor och klimat*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, (EPOK) Tillgänglig: https://www.slu.se/globalassets/ew/org/centrb/epok/dokument/koroklimat_web.pdf [2019-07-08]
- SBFI (2018). *Växtnäringsbalanser 2017*. [Växtnäringsbalanser från VERA]. Järna: SBFI. Tillgänglig: wijnand.koker@telia.com[2020-07-06]
- SBFI (2019). *Växtnäringsbalanser 2018*. [Växtnäringsbalanser från VERA]. Järna: SBFI. Tillgänglig: wijnand.koker@telia.com[2020-07-06]
- SCB (2012). *Hållbarhet i svenskt jordbruk 2012*, Stockholm: Statistiska centralbyrån. (SCB Rapport 2012) Tillgänglig: http://share.scb.se/OV9997/data/MI1305_2012A01_BR_MI72BR1201.pdf [2019-12-15]
- SCB (2017). *Odlingsåtgärder i jordbruket 2016 - träda, slåttervall, jordbearbetning, fånggrödor samt spridning av kalk på åkermark*. Stockholm: Statistiska centralbyrån. (SCB Rapport MI 30 SM 1703)
- Schaschke, C. (2014). *A Dictionary of Chemical Engineering*. Oxford University Press
- Searchinger, T.D., Wiersenius, S., Beringer, T., Dumas, P., (2018) Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature*, 564, 249
- Serikstad (2018). *Økologisk landbruk og klimagasser - Metan, lystgass og CO₂*. Tingvoll: NORSØK. (NORSØK Rapport, 2018: vol 3, nr 2). Tillgänglig: [file:///C:/Users/User/Downloads/NORS%C3%98K%20Rapport%20nr%202%202018%20Klimagasser%20\(002\)%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/NORS%C3%98K%20Rapport%20nr%202%202018%20Klimagasser%20(002)%20(2).pdf) [2020-06-24]
- SMHI (2019). *Klimat*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur> [2019-07-18]
- Steiner, R. (2005). *En lantbrukskurs: åtta föredrag hållna i Koberwitz vid Breslau 7-16 juni 1924*. Järna: Kosmos
- Sveriges miljömål (2019). *Miljömålen*. Tillgänglig: <http://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [2019-07-17]
- Tidåker, P., Sundberg, C., Öborn, I., Kätterer, T., Bergkvist, G. (2014). Rotational grass/clover for biograss integrated with grain production - A life cycle perspective. *Agricultural Systems*, 129, 133-141
- Tuomisto, H. L., Hodge, I. D., Riordan, P., Macdonald, D. W. (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? - A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management*, 112, 309-320
- Vaitkevičienė, N., Jariénė, E., Ingold, R., Peschke, J. (2019). Effect of biodynamic preparations on the soil biological and agrochemical properties and coloured potato tubers quality. *Open Agriculture*, 4 (1), 17-23
- Woodhouse, A. (2019). *Foderdatabas: Deluppdrag 6 - uppdaterade klimatavtryck av fodermedel*. Göteborg: RISE. (RISE Rapport, 2019:35). Tillgänglig: <http://adm.greppa.nu/download/18.29cc072516af42d329db2669/1559034876219/Uppdaterade%20klimatavtryck%20av%20fodermedel.pdf> [2019-06-13]

Muntliga referenser

- Granstedt Artur, (2018-2020). Stiftelsen Biodynamiska Forskningsinstitutet, SBFI, Järna
- Palmcrantz Niklas, (2019-04). Järna Naturbruksgymnasium och Nibble gård, Järna
- Telge Energi, (2019-03). Mailkonversation, Södertälje Tillgänglig: kundservice@telgeenergi.se [2020-07-06]

Tack

Alla med kopplingar till Nibble gård och alla andra som har bidragit

Bilaga 1. Förenklade ekvationer använda från "Jordbrukets klimatpåverkan"

(Berglund *et al.*, 2009). (Förklaring underst)

Metan från fodersmältning= Djurhållning*kg CH₄/djur/år

Indirekta dikväveoxidutsläpp (lustgas) från stallgödsel (kg N₂O)= N_{volatilization}*EF₄*44/28

Direkta dikväveoxidutsläpp (lustgas) från stallgödsel (kg N₂O)= Nex*EF₃*44/28

Metanutsläpp från stallgödsel (kg CH₄)= VS*Bo*0,67*MCF

Indirekta emissioner dikväveoxid (lustgas) från mark (kg N₂O /år)= (N₂O -N från deposition av N + N₂O -N från utlakning av N) *44/28

Direkta emissioner dikväveoxid (lustgas) från mark (kg N₂O /år) = (N₂O -N från tillfört N + N₂O -N från odling av organogen jord + N₂O-N från gödsel på bete) * 44/28

Skörderester ovan jord (kg N/år) = OJ skörderester (kg ts/ha) – bortförda skörderester (kg ts/ha) * areal (ha) (justering för ev bränd areal) * hur ofta grödan förnyas (1/x år, för årliga grödor blir det 1/1, för en 3-årsvall 1/3) * N-halt i OJ

Skörderester under jord (kg N/år) = UJ skörderester (kg ts/ha) * areal (ha) * hur ofta grödan förnyas (1/x år, för årliga grödor blir det 1/1, för en 3-årsvall 1/3) * N-halt i UJ

Nvolatilization: Mängden kväve från träck och urin som avgår som ammoniak och kväveoxider

Nex: Årlig kväveutsöndring från djuren

EF₃: Emissionsfaktor för direkta lustgasemissioner från stallgödsellager

EF₄: Emissionsfaktor för indirekta lustgasemissioner från luftburna kväveförluster

VS: Organiskt material i träck uttryckt i kg

Bo: Maximal metanproduktionspotential

MCF: "Methane Conversion Factor" anger hur stor andel av metanproduktionspotentialen som uppnås

ts: Torrsubstans

OJ: Ovan jord

UJ: Under jord

0,67: Omräkningsfaktor för att räkna om m³ metan till kg metan

44/28: Omräkningsfaktor för att konvertera kg dikväveoxid (lustgas)- kväve till kg dikväveoxid (enligt Berglund *et al.*, 2009).

Bilaga 2. Insatsvaror

Tabell 8. :Årlig användning av insatsvaror vid djurhållningen samt växtodlingen på Västraby gård (enligt Berglund *et al.*, 2009).

Insatsvara	Användning	Växthusgasutsläpp (kg CO ₂ -ekv/ha)
Diesel	43 m ³ (45 227 liter)	218
Eldningsolja	13 m ³	63
El	350 000 kWh	17
Kväve, mineralgödsel	86 ton N	862
Fosfor, mineralgödsel	1,1 ton P	6
Kalium, mineralgödsel	2,4 ton K	2
Sockerbrukskalk	180 ton	1
Plast	900 kg	3
Ensileringsmedel	15 m ³	17
Bekämpningsmedel	1 ton	27
Sockerbrukskalk	180 ton	55
SF Premix, 35%		
Råprotein (koncentrat)	400 ton	377
HP-massa (koncentrat)	670 ton	66
Mineralfoder effekt normal	5,5 ton	3
Kalvolact	10 ton	13
Totalt		1730

Bilaga 3. Insatsvaror

Tabell 9. :Årlig användning av insatsvaror vid djurhållningen samt växtodlingen på Nibble gård 2017 (data från SBFI, 2018, beräkningar enligt Berglund *et al.*, 2009).

Insatsvara	Användning	Växthusgasutsläpp (kg CO ₂ -ekv/ha)
Diesel	9250 liter	215
El	97 148 kWh	5
Plast	3,5 ton	53
Torv	60 ton	9
Spannmålshalm	86 ton	20
Gräsensilage	18 ton	48
Klövergräsensilage	20,4 ton	41
Havre	23 ton	79
Höstvete	21 ton	66
SF Rosa Eko Klöver	20 ton	35
Linfrökaka	36 ton	155
Wiromineral Normal	0,35 ton	2
Totalt		728

I denna tabell har förutom likvärdiga uppgifter om CO₂-ekv från Berglund *et al.*, (2009) även enskilda värden för el (sol/vind) samt linfrö använts

Tabell 10. :Årlig användning av insatsvaror vid djurhållningen samt växtodlingen på Nibble gård 2018 (data från SBFI, 2019, beräkningar enligt Berglund *et al.*, 2009).

Insatsvara	Användning	Växthusgasutsläpp (kg CO ₂ -ekv/ha)
Diesel	9000 liter	195
El	72 500 kWh	4
Plast	3,5 ton	53
Torv	25 ton	4
Spannmålshalm	64 ton	15
Klövergräsensilage	60 ton	121
Havre	13,8 ton	48
SF Rosa Eko Klöver	28 ton	48
L Sund Akleja	10,67 ton	51
Linfrökaka	6,08 ton	26
Rapskaka	1,069 ton	4
Wiromineral Normal	0,35 ton	2
Totalt		571

I denna tabell har förutom likvärdiga uppgifter om CO₂-ekv från Berglund *et al.*, (2009) även enskilda värden för el (sol/vind), linfrö, rapskaka samt L Sund Akleja använts

Bilaga 4. Biogena emissioner

Tabell 11. :Årliga biogena CO₂-, N₂O- och CH₄-emissioner från växtodlingen och djurhållningen vid Västraby gård (enligt Berglund *et al.*, 2009).

Process	Växthusgaser (kg CO ₂ - ekv/ ha)		
	N ₂ O	CH ₄	CO ₂
Stallgödsellagring	154	314	
Metan från betesgödsel		50	
Djurens fodersmältning		1837	
Direkta lustgasemissioner i fält:			
<i>Mineralgödsel</i>	644		
<i>Skörderester</i>	330		
<i>Stallgödsel</i>	298		
<i>Betesgödsel</i>	118		
<i>Träda</i>	19		
Indirekta lustgasemissioner:			
<i>Nitratutlakning</i>	66		
<i>NH₃-förluster i stall</i>	13		
<i>NH₃-förluster, stallgödsellager</i>	10		
<i>NH₃-förluster, spridning stallgödsel</i>	27		
<i>NH₃-förluster, betesgödsel</i>	5		
Kalkning			55
Totalt	1684	2201	55

Bilaga 5. Biogena emissioner

Tabell 12. Årliga biogena CO₂-, N₂O- och CH₄-emissioner från växtodlingen och djurhållningen vid Nibble gård 2017 (data från SBFI, 2018, Granstedt, 2019, pers. komm., beräkningar enligt Cederberg, 2000, Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

Process	Växthusgaser (kg CO ₂ - ekv/ ha)		
	N ₂ O	CH ₄	CO ₂
Stallgödsellagring	188	337	
Metan från betesgödsel		18	
Djurens fodermältning		1938	
Direkta lustgasemissioner i fält:			
<i>Skörderester</i>	150		
<i>Stallgödsel</i>	187		
<i>Betesgödsel</i>	55		
Indirekta lustgasemissioner:			
<i>Nitratutlakning</i>	23		
<i>NH₃-förluster i stall</i>	11		
<i>NH₃-förluster,</i>			
<i>Stallgödsellager</i>	4		
<i>NH₃-förluster, spridning stallgödsel</i>	13		
<i>NH₃-förluster, betesgödsel</i>	12		
Totalt	643	2293	

Bilaga 6. Biogena emissioner

Tabell 13. Årliga biogena CO₂-, N₂O- och CH₄-emissioner från växtodlingen och djurhållningen vid Nibble gård 2018 (data från SBFI, 2019, Granstedt, 2019, pers. komm., beräkningar enligt Cederberg, 2000, Berglund *et al.*, 2009, Bilaga 1).

Process	Växthusgaser (kg CO ₂ - ekv/ ha)		
	N ₂ O	CH ₄	CO ₂
Stallgödsellagring	163	284	
Metan från betesgödsel		17	
Djurens fodersmältning		1643	
Direkta lustgasemissioner i fält:			
<i>Skörderester</i>	114		
<i>Stallgödsel</i>	167		
<i>Betesgödsel</i>	49		
Indirekta lustgasemissioner:			
<i>Nitratutlakning</i>	19		
<i>NH₃-förluster i stall</i>	9		
<i>NH₃-förluster, stallgödsellager</i>	4		
<i>NH₃-förluster, spridning stallgödsel</i>	12		
<i>NH₃-förluster, betesgödsel</i>	10		
Totalt	547	1944	

Bilaga 7. Externa, biogena samt totala emissioner CO₂-ekv räknat per energi (GJ), protein (kg) i produkter och areal (ha) vid Nibble gård 2017 och Västraby gård (SBFI, 2018, Cederberg, 2000, Livsmedelsverket, 2020, Granstedt, 2020, pers. komm., Berglund *et al.*, 2009)

Tabell 14. Koldioxidutsläpp per ha, protein och energi vid Västraby gård

	kg CO ₂ /GJ	CO ₂ /kg prot	CO ₂ /ha
Biogena emissioner	61	8	3940
Externa emissioner	27	3	1730
Totalt	88	11	5670

Tabell 15. Koldioxidutsläpp per ha, protein och energi vid Nibble gård 2017

	kg CO ₂ /GJ	CO ₂ /kg prot	CO ₂ /ha
Biogena emissioner	182	20	2936
Externa emissioner	45	5	728
Totalt	227	25	3664